

(43) 国際公開日
2006 年 6 月 1 日 (01.06.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/057202 A1(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/021256

(22) 国際出願日: 2005 年 11 月 18 日 (18.11.2005)

(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 2004-344608
2004 年 11 月 29 日 (29.11.2004) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
[JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号
Tokyo (JP).

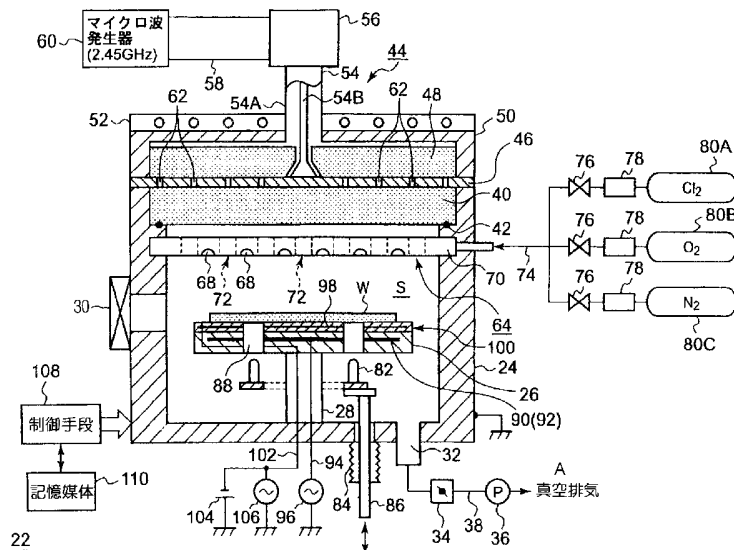
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西塚 哲也
(NISHIZUKA, Tetsuya) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県
尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン株式会社内
Hyogo (JP).(74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒
1000005 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 富士
ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

/ 続葉有 /

(54) Title: ETCHING METHOD AND ETCHING APPARATUS

(54) 発明の名称: エッチング方法及びエッチング装置

60.. MICRO WAVE GENERATOR (2.45GHz)
108.. CONTROL MEANS
110.. MEMORY MEDIUM
A.. EVACUATION

(57) Abstract: An etching method wherein an article to be treated, which has an undercoat layer being composed of a silicon-containing material and, formed thereon, a layer to be etched being composed of a tungsten-containing material, is subjected to an etching treatment in a treating chamber capable of being evacuated to vacuum in the presence of a plasma, characterized in that a chlorine-containing gas, an oxygen-containing gas and a nitrogen-containing gas are used as an etching gas.

(57) 要約: 本発明は、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すようにしたエッチング方法において、前記エッチング時の

/ 続葉有 /

WO 2006/057202 A1



(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 (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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

エッチング方法及びエッチング装置

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体ウエハ等の被処理体の表面にプラズマにより活性化されたエッチングガスを用いてエッチング処理を施すエッチング方法及びエッチング装置に関する。

背景技術

- [0002] 一般に、半導体製品の集積回路を形成するには、半導体ウエハ等の被処理体に対して、成膜処理、改質処理、酸化拡散処理、エッチング処理等の各種の処理が行われる。近年の半導体集積回路の更なる高密度化、高微細化、薄膜化及び製品歩留まり向上の要請に伴って、エッチング処理においても、下地層との選択性を高く維持しつつ、エッチング形状を設計通りに精度良く形成することが求められている。
- [0003] 一般に、エッチング処理を行う場合には、エッチング対象層とその下層に位置するエッチングストップ層となる下地層との選択性を考慮して、エッチングガスが選定される。また、エッチング処理を行う時には、低温で処理を行うことができ、且つ、エッチング効率を高めるために、プラズマが用いられる傾向にある(特開平11-111689号公報及び特開2004-39935号公報参照)。
- [0004] ここで、従来のエッチング方法について、例えばゲート電極を形成するためにポリシリコン層上に形成されたタングステン含有膜をパターンエッチングする場合を例として説明する。
- [0005] 図8は、被処理体の一部を示す部分拡大断面図である。図8に示すように、この被処理体は、シリコン基板等の半導体ウエハWよりなる。ここでは、当該半導体ウエハWの表面に、ゲート酸化膜となる SiO_2 膜2及びシリコン含有材料である例えばポリシリコン層よりなる下地層4が形成されている。そして、前記下地層4上に、タングステン含有材料よりなるエッチング対象層6が形成されている。このエッチング対象層6は、ここでは、例えば下層となる窒化タングステン(WN)膜6Aと上層となるタングステン(W)膜6Bとの積層構造を有している。そして、このように形成されたエッチング対象層

6の上面に、例えばゲート電極を形成するためのパターン化されたマスク8が形成されている。マスク8としては、例えばSiN膜、SiO₂膜、フォトリソ膜等が用いられる。

- [0006] さて、前記したような積層構造を有する半導体ウエハWに対してエッチング処理が行われる場合には、従来においては、エッチングガスとしてCl₂ガスやNF₃ガスやSF₆ガスが用いられ、添加ガスとして下地層との選択性を高めるためにO₂ガス等が用いられ、これらのガスがプラズマにより活性化されてエッチング処理が行われる。また、必要に応じて、不活性ガス例えばArガスが供給される場合もある。また、O₂ガスに代えて、N₂ガスが用いられる場合もある。
- [0007] 前記したような半導体ウエハWをエッチングする場合、プラズマによりエッチングガスがプラズマ化されて活性化され、発生された活性種がエッチング対象層6をアタックする。この時、エッチング対象層6を形成している材料と活性種及び添加ガスとが反応して、反応生成物が生成される。そして、当該反応生成物は気化してガスとなって排出され、結果的に、マスク8によって保護されている部分以外のエッチング対象層が削り取られる。当該エッチングは、ストップ層として機能する下地層4の部分で停止する。
- [0008] ところで、エッチング処理時に発生される反応生成物としては、種々の物質がある。WF₆やWOCl₄等の反応生成物は、比較的揮発性が高いことから問題はないが、エッチングガスとしてCl系ガスが用いられた時に発生されるWO₃やWCl_xO_y (x, y: 正数)等の反応生成物は、比較的揮発性が低いことから堆積し易いという性質をもっている。
- [0009] ここで、下地層4との選択比を高めるには、前記したように、O₂ガスの流量比を増加すればよい。しかし、O₂ガスの流量比が増加されると、前記WO₃やWCl_xO_y等の揮発し難い反応生成物がエッチング部分に付着してエッチング形状を劣化させてしまう。また、エッチングガスとしてF系ガスが用いられる場合、当該ガスは反応性に富むことから、エッチング対象層6が過度に削り取られてアンダーカットが生じてエッチング形状が劣化してしまう、という問題がある。
- [0010] 図9A乃至図9Cは、このエッチング処理時のエッチング形状の一例を示す電子顕

微鏡写真とその模式図である。図9Aは、エッチングが適正に行われて適正なエッチング形状が得られた状態の模式図を示す。図9Bは、エッチングガスとして N_2 が添加された Cl_2 ガスが用いられたときのエッチング形状を示す。この場合、エッチング形状の側部に WO_3 や WCl_xO_y 等の不揮発性堆積物10が堆積するという現象が発生している。図9Cは、エッチングガスとして O_2 が添加された Cl_2 ガスが用いられたときのエッチング形状を示す。この場合、エッチング形状の側部が円弧状に過度に削り取られてアンダーカット部12が形成されるという現象が発生している。すなわち、図9B及び図9Cに示すように、従来のエッチング方法では、エッチング形状が劣化する場合がある。一方、エッチングガスとして単に Cl_2 ガスのみが用いられた場合には、選択比が極端に低下して、下地層であるポリシリコン層をも削り取られてしまう。

[0011] 前記したようなエッチング形状の劣化は、線幅等の寸法の設計ルールがそれ程厳しくなかった従来の場合には、それ程問題にはならなかった。しかしながら、微細化が更に進んで寸法の設計ルールがより厳しくなってくると、解決が望まれる問題である。

発明の要旨

[0012] 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、下地層に対して高い選択性を維持しつつ、しかも、適正なエッチング形状を得ることが可能なエッチング方法及びエッチング装置を提供することにある。

[0013] 本件発明者は、エッチング処理時のエッチングガスと添加ガスとについて鋭意研究した。その結果、タングステン膜や窒化タングステン膜などのタングステン含有材料よりなる薄膜をエッチングする場合には、 Cl_2 ガスと O_2 ガスと N_2 ガスとを用いたり、 Cl_2 ガスとNO等の酸化窒素系ガスとを用いることにより、高い選択性及び適正なエッチング形状が得られる、という知見を得た。そして、当該知見に基づいて、本件発明者は本発明を想到するに至った。

[0014] 本発明は、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すようにしたエッチング方法において、前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとが用

いられることを特徴とするエッチング方法である。

- [0015] 本発明によれば、エッチング時のガスとして塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとが用いられることにより、下地層に対して高い選択性を維持しつつ、しかも、適正なエッチング形状を得ることができる。
- [0016] この場合、例えば、前記塩素含有ガス及び前記窒素含有ガスの合計流量に対する前記酸素含有ガスの添加量は、2.9～8.6%の範囲内であり、前記塩素含有ガス及び前記窒素含有ガスの合計流量に対する前記窒素含有ガスの流量比は、50～80%の範囲内である。
- [0017] あるいは、本発明は、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すようにしたエッチング方法において、前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸化窒素系ガスとが用いられることを特徴とするエッチング方法である。
- [0018] 本発明によれば、エッチング時のガスとして塩素含有ガスと酸化窒素系ガスとが用いられることにより、下地層に対して高い選択性を維持しつつ、しかも、適正なエッチング形状を得ることができる。
- [0019] この場合、例えば、前記プラズマは、マイクロ波によって発生される。
- [0020] また、例えば、前記エッチング処理は、RLSA(Radial Line Slot Antenna)方式の平面アンテナ部材を有する処理容器内で行われる。
- [0021] また、例えば、前記下地層は、ポリシリコン層よりなり、前記エッチング対象層は、窒化タングステン膜とタングステン膜との積層構造を有する。
- [0022] また、本発明は、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すエッチング装置について、前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとを用いてエッチング処理を施す、というようにエッチング装置を制御するプログラムを含むコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。
- [0023] また、本発明は、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりな

るエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すエッチング装置について、前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸化窒素系ガスとを用いてエッチング処理を施す、というようにエッチング装置を制御するプログラムを含むコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0024] また、本発明は、内部が真空引き可能な処理容器と、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、前記処理容器内へ塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとをエッチング時のガスとして供給するためのガス供給手段と、前記処理容器内でプラズマを立てるためのプラズマ形成手段と、前記処理容器内へ前記エッチング時のガスを供給する工程と前記処理容器内でプラズマを立ててエッチングを行う工程とを実行するように前記ガス供給手段及び前記プラズマ形成手段を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とするエッチング装置である。

[0025] また、本発明は、内部が真空引き可能な処理容器と、シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、前記処理容器内へ塩素含有ガスと酸化窒素系とをエッチング時のガスとして供給するためのガス供給手段と、前記処理容器内でプラズマを立てるためのプラズマ形成手段と、前記処理容器内へ前記エッチング時のガスを供給する工程と前記処理容器内でプラズマを立ててエッチングを行う工程とを実行するように前記ガス供給手段及び前記プラズマ形成手段を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とするエッチング装置である。

[0026] この場合、例えば、前記プラズマは、マイクロ波によって発生される。

[0027] また、例えば、前記プラズマ形成手段は、RLSA (Radial Line Slot Antenna) 方式の平面アンテナ部材によってプラズマを形成するようになっている。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、本発明に係るエッチング装置の一実施の形態を示す構成図である。

[図2]図2は、プラズマ形成手段の平面アンテナ部材を示す平面図である。

[図3]図3は、ガス供給手段のシャワーヘッド部を示す下面図である。

[図4]図4は、 Cl_2 ガス及び N_2 ガスの合計流量に対する N_2 ガスの流量比のエッチング依存性を示すグラフである。

[図5]図5A乃至図5Dは、 N_2 ガスの流量比が50%、70%、80%、90%である時のそれぞれのエッチング状態を示す電子顕微鏡写真である。

[図6]図6は、 Cl_2 ガス及び N_2 ガスの合計流量に対する O_2 ガスの添加量と下地層に対する選択性との関係を示すグラフである。

[図7]図7A乃至図7Eは、 O_2 ガスの添加量が2.9%、4.3%、5.7%、8.6%、11.4%である時のそれぞれのエッチング状態を示す電子顕微鏡写真である。

[図8]図8は、被処理体の一部を示す部分拡大断面図である。

[図9]図9A乃至図9Cは、エッチング処理時のエッチング形状の例を示す電子顕微鏡写真及びその模式図である。

発明を実施するための最良の形態

[0029] 以下に、本発明に係るエッチング装置及びエッチング方法の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

[0030] 図1は、本発明に係るエッチング装置の一実施の形態を示す構成図である。図2は、プラズマ形成手段の平面アンテナ部材を示す平面図である。図3は、ガス供給手段のシャワーヘッド部を示す下面図である。ここでは、エッチング装置として、ラジアルラインスロットアンテナ(RLSA:Radial Line Slot Antenna)方式の平面アンテナ部材が用いられたエッチング装置が例として説明される。

[0031] 図1に示すように、本実施の形態のエッチング装置22は、全体が筒体状に成形された処理容器24を有している。処理容器24の側壁や底部は、アルミニウム等の導体により構成され、接地されている。処理容器24の内部は、密閉された処理空間Sとして構成され、この処理空間S内にプラズマが形成されるようになっている。

[0032] 処理容器24内には、上面に被処理体としての例えば半導体ウエハWを載置する載置台26が收容されている。載置台26は、例えばアルマイト処理されたアルミニウム等からなる平坦円板状に形成されている。載置台26は、処理容器24の底部より起立する例えばアルミニウム等よりなる支柱28に支持されている。

- [0033] 処理容器24の側壁には、処理容器24の内部に対してウエハを搬入・搬出するために開閉するゲートバルブ30が設けられている。また、処理容器24の底部には、排気口32が設けられている。排気口32には、圧力制御弁34及び真空ポンプ36が順次介接された排気路38が接続されている。これにより、必要に応じて、処理容器24内を所定の圧力まで真空引きできるようになっている。
- [0034] また、処理容器24の天井部は開口している（開口部を有している）。ここに、マイクロ波に対しては透過性を有する天板40がOリング等のシール部材42を介して気密に設けられている。天板40は、例えば Al_2O_3 等のセラミック材等よりなる。天板40の厚さは、耐圧性を考慮して、例えば20mm程度に設定される。
- [0035] そして、天板40の上面に、処理容器24内でプラズマを立てるためのプラズマ形成手段44が設けられている。具体的には、プラズマ形成手段44は、天板40の上面に設けられた円板状の平面アンテナ部材46を有している。平面アンテナ部材46上には、遅波材48が設けられている。遅波材48は、マイクロ波の波長を短縮するために高誘電率特性を有している。遅波材48の上方及び側方の略全面は、導電性の中空円筒状容器よりなる導波箱50によって覆われている。平面アンテナ部材46は、導波箱50の底板として構成され、載置台26に対向している。導波箱50の上部には、これを冷却するための冷媒が流れる冷却ジャケット52が設けられている。
- [0036] 導波箱50及び平面アンテナ部材46の周辺部は、共に処理容器24と導通されている。導波箱50の上面の中心に、同軸導波管54の外管54Aが接続されている。同軸導波管54の内部の内部ケーブル54Bは、遅波材48の中心の貫通孔を通して、平面アンテナ部材46の中心部に接続されている。
- [0037] 同軸導波管54は、モード変換器56及び導波管58を介して、マッチング（図示せず）を有する例えば2.45GHzのマイクロ波発生器60に接続されている。これにより、平面アンテナ部材46へマイクロ波を伝搬できるようになっている。マイクロ波の周波数は、2.45GHzに限定されず、他の周波数、例えば8.35GHzなど、であってもよい。導波管58としては、断面円形或いは断面矩形の導波管や同軸導波管を用いることができる。そして、導波箱50内の、平面アンテナ部材46の上面に設けられた高誘電率特性を有する遅波材48は、波長短縮効果によって、マイクロ波の管内波長を短く

するように作用する。遅波材48としては、例えば窒化アルミ等を用いることができる。

[0038] 平面アンテナ部材46は、300mmサイズのウエハに対応する場合には、例えば、直径が400～500mm、厚みが1～数mm程度の導電性材料から構成される。より具体的には、例えば表面が銀メッキされた銅板或いはアルミ板から構成され得る。平面アンテナ部材46には、例えば長溝状の貫通孔よりなる多数のマイクロ波放射孔62が形成されている。マイクロ波放射孔62の配置形態は、特に限定されない。例えば、同心円状、螺旋状、放射状などに配置され得る。あるいは、平面アンテナ部材全面に均一になるように分布され得る。図2に示す例では、2個のマイクロ波放射孔62を僅かに離間させて略Tの字状に配置してなる組が、同心円状に配置されている。この平面アンテナ部材46は、いわゆるRLSA(Radial Line Slot Antenna)方式のアンテナ構造であり、これにより、高密度プラズマ及び低電子エネルギーという特徴が得られる。

[0039] また、載置台26の上方には、処理容器24内へエッチング時に必要とされるガスを供給するためのガス供給手段64が設けられている。具体的には、ガス供給手段64は、図3に示すように、格子状に形成されたガス流路66と、リング状のガス流路66aと、当該ガス流路66の途中に形成された多数のガス噴射孔68と、を有するシャワーヘッド部70を備えている。この場合、格子状の各ガス流路66の両端部がリング状のガス流路66aに接続されており、各ガス流路66には十分にガスが流され得るようになっている。また、シャワーヘッド部70には、前記各ガス流路66、66aを避けるような位置に、上下方向に抜ける多数の開口部72が形成されている。この開口部72を介して、上下方向にガスが流通できるようになっている。このようなシャワーヘッド部70の全体は、エッチングガスとの関係で耐久性を維持するために、石英やアルミニウム等で形成され得る。特に、塩素系ガスが用いられる場合には、石英で形成されることが好ましい。

[0040] 更に、リング状のガス流路66aには、外部に延びるガス路74が接続されている。このガス路74は、途中で複数の分岐路に分岐されて、各分岐路には開閉弁76やマスフローコントローラのような流量制御器78がそれぞれ介設されつつ各ガス源に接続されている。ここで、エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含

有ガスとが用いられる。具体的なガス源としては、塩素含有ガスとして例えば Cl_2 ガスを貯留する Cl_2 ガス源80A、酸素含有ガスとして例えば O_2 ガスを貯留する O_2 ガス源80B、及び、窒素含有ガスとして例えば N_2 ガスを貯留する N_2 ガス源80Cが用いられている。尚、前記したようなシャワーヘッド部70を上下2段に設けて、その一方から O_2 ガスと N_2 ガスとを流し、他方から Cl_2 ガスを流すような構成を採用してもよい。

[0041] また、載置台26の下方には、ウエハWの搬出入時にウエハWを昇降させる複数、例えば3本、の昇降ピン82(図1においては2本のみ記す)が設けられている。この昇降ピン82は、伸縮可能なベローズ84を介して容器底部を貫通するように設けられた昇降ロッド86によって昇降される。また、載置台26には、昇降ピン82を挿通させるためのピン挿通孔88が形成されている。

[0042] 載置台26の全体は、耐熱材料、例えばアルミナ等のセラミック、により構成されている。この耐熱材料中に、加熱手段90が設けられている。本実施の形態の加熱手段90は、載置台26の略全域に亘って埋め込まれた薄板状の抵抗加熱ヒータ92を有している。この抵抗加熱ヒータ92は、支柱28内を通る配線94を介して、ヒータ電源96に接続されている。

[0043] また、載置台26の上面側には、内部に例えば網目状に配設された導体線98を有する薄い静電チャック100が設けられている。静電チャック100の導体線98は、静電吸着力を発揮するために、配線102を介して直流電源104に接続されている。これにより、載置台26上詳しくは静電チャック100上に載置されるウエハWが、静電吸着力により吸着され得るようになっている。一方、配線102には、エッチング時に例えば13.56MHzのバイアス用の高周波電力を静電チャック100の導体線98へ印加するために、バイアス用高周波電源106をも接続されている。

[0044] そして、このエッチング装置22の全体の動作は、例えばマイクロコンピュータ等による制御手段108によって制御されるようになっている。この動作を行うコンピュータのプログラムは、フレキシブルディスクやCD(Compact Disc)やフラッシュメモリ等の記憶媒体110に記憶されている。具体的には、この制御手段108からの指令により、各ガスの供給や流量制御、マイクロ波や高周波の供給や電力制御、プロセス温度やプロセス圧力の制御等が行われるようになっている。

- [0045] 次に、以上のように構成されたエッチング装置22を用いて行なわれるエッチング方法について説明する。
- [0046] まず、ゲートバルブ30を介して、半導体ウエハWが搬送アーム(図示せず)によって処理容器24内に収容される。昇降ピン82を上下動させることによって、半導体ウエハWは載置台26の上面である載置面に載置される。そして、この半導体ウエハWは、静電チャック100によって静電吸着される。このウエハWでは、図8に示すように、下地層4上にエッチング対象層6が形成されている。このエッチング対象層6上に、パターン化されたマスク8が、予め前工程にて形成されている。
- [0047] ウエハWは、加熱手段90によって、所定のプロセス温度に維持される。一方、各ガス源80A～80Cから Cl_2 ガス、 O_2 ガス及び N_2 ガスがそれぞれ所定の流量でシャワーヘッド部70を介して処理容器24内へ供給される。そして、圧力制御弁34が制御されて、処理容器24内が所定のプロセス圧力に維持される。これと同時に、プラズマ形成手段44のマイクロ波発生器60が駆動され、マイクロ波発生器60にて発生されたマイクロ波が、導波管58及び同軸導波管54を介して平面アンテナ部材46に供給される。平面アンテナ部材46から処理空間へは、遅波材48によって波長が短くされたマイクロ波が導入される。これにより、処理空間内にプラズマが発生され、所定のプラズマを用いたエッチング処理が行われる。
- [0048] 詳細には、平面アンテナ部材46から処理容器24内へマイクロ波が導入されると、 Cl_2 、 O_2 、 N_2 の各ガスが当該マイクロ波によってプラズマ化されて活性化され、この時に発生される活性種によって、ウエハWの表面に形成されているタングステン含有材料よりなるエッチング対象層6が、マスク8により保護されている部分を除いて、エッチングされて除去される。前記各ガスは、載置台26の周辺部に略均等に拡散しながら下方へ流れて行き、排気口32を介して排気路38から排出される。また、エッチング処理に際しては、バイアス用高周波電源106から静電チャック100中の導体線98へバイアス用の高周波が印加される。これにより、活性種等がウエハ表面に対して直進性良く引き込まれるため、エッチング形状が崩れるおそれが低減される。
- [0049] ここで、本実施の形態においては、エッチングガスとして塩素含有ガスである Cl_2 ガスが用いられ、添加ガスとして酸素含有ガスである O_2 ガスと窒素含有ガスである N_2

ガスとが用いられているので、ポリシリコン層よりなる下地層4に対して、窒化タングステン膜6Aとタングステン膜6Bとの積層構造よりなるエッチング対象層6が選択性良くエッチングされ得る。一方、そのエッチング形状が崩れることなく、適正な形状に維持され得る。換言すれば、本実施の形態によれば、従来方法で発生していた図9Bに示すような不揮発性堆積物10の付着が防止され、また、従来方法で発生していた図9Cに示すようなアンダーカット部12の発生も防止されて、図9Aに示すような適正なエッチング形状を得ることができる。尚、前記各ガスに加えて、不活性ガス、例えばArガスやHeガス等が添加されてもよい。

[0050] 本実施の形態において適切なエッチング処理が実施される理由は、以下のように考えられる。すなわち、エッチングガスとして Cl_2 ガスが用いられ、下地層4であるポリシリコン層との選択比を得るために酸素含有ガスとして O_2 ガスが適切量添加され、また、エッチング形状を適切にするために窒素含有ガスとして N_2 ガスが適切量添加されることにより、反応生成物として揮発性の低い物質がほとんど発生することなく、主として揮発性の高い物質、例えばWO、 WO_2 等が発生する。これこそ、最適なエッチング条件である。また、反応生成物として揮発性の低い物質が一時的に生じたとしても、この物質は N_2 ガスの活性種によって還元されて揮発性の高い物質へと変換されることが考えられる。

[0051] なお、本実施の形態のプロセス条件については、プロセス温度は例えば60～80℃の範囲内であり、プロセス圧力は例えば0.5～2Paの範囲内である。

[0052] また、各ガスについては、塩素含有ガス(Cl_2 ガス)の流量は、処理容器2の大きさにもよるが、例えばウェハサイズが300mmの時には100～1000sccm程度の範囲内である。

[0053] また、塩素含有ガス(Cl_2 ガス)及び窒素含有ガス(N_2 ガス)の合計流量に対する窒素含有ガスの流量比は、50～80%の範囲内である。ここで、 N_2 ガスの流量比が50%よりも少ない場合には、エッチング対象層6と下地層4との選択比が十分にとれなくなって、適正なエッチング形状が得られなくなってしまう。また、 N_2 ガスの流量比が80%よりも多い場合には、エッチングレートが急激に低下すると同時に、エッチング対象層6の側壁が削られてサイドエッチングが発生してしまう。

- [0054] また、塩素含有ガス(Cl_2 ガス)及び窒素含有ガス(N_2 ガス)の合計流量に対する酸素含有ガス(O_2 ガス)の添加量は、2.9～8.6%の範囲内である。ここで、 O_2 ガスの流量比が2.9%よりも少ない場合には、エッチングレートが大幅に低下してスループットが十分でなくなってしまう。また、 O_2 ガスの流量比が8.6%よりも大きい場合には、側壁にデポが発生してエッチング形状が劣化してしまう。
- [0055] ここで、各ガスの流量比に対するエッチング形状の良否及び下地層に対する選択性について、実際に評価を行った。その評価結果について説明する。
- [0056] 図4は、 Cl_2 ガス及び N_2 ガスの合計流量に対する N_2 ガスの流量比のエッチング依存性を示すグラフである。ここでは、左側の縦軸にエッチングレート(エッチング対象層及び下地層)が示され、右側の縦軸に選択比が示されている。また、図5A乃至図5Dは、 N_2 ガスの流量比が50%、70%、80%、90%である時の各エッチング状態を示す電子顕微鏡写真である。この時のエッチング条件は、 Cl_2 ガスと N_2 ガスとの合計流量が700sccmで一定とされ、両ガスの比率が変化された。なお、 O_2 ガスの流量は30sccmに固定された。
- [0057] 図5A乃至図5Cは、比較的適正なエッチング形状を示している。しかし、図5Dでは、サイドエッチングが発生している。そして、図4のグラフから明らかなように、 N_2 ガスの流量比が増加される時、エッチング対象層のエッチングレートはそれ程低下しないのに対して、下地層のエッチングレートは大幅に低下する。すなわち、この場合、選択比が向上して好ましい。しかし、 N_2 ガスの流量比が80%を超えて大きくなると、エッチング対象層のエッチングレートが過度に低下する。更にこの場合、図4のグラフには現れていないが、図5Dに示すように、エッチング対象層にサイドエッチングが発生する。すなわち、この場合は好ましくない。一方、 N_2 のガス流量比が50%よりも小さい場合には、選択比が小さくなり過ぎてしまって好ましくない。以上から、 N_2 ガスの流量比について、50～80%の範囲内であることが必要であり、特に70～80%の範囲内において選択比が実用上十分な値である3.0以上となって好ましい、ということが確認された。
- [0058] 図6は、 Cl_2 ガス及び N_2 ガスの合計流量に対する O_2 ガスの添加量と下地層に対する選択性との関係を示すグラフである。ここでは、左側の縦軸にエッチングレート(

エッチング対象層及び下地層)が示され、右側の縦軸に選択比が示されている。図7A乃至図7Eは、 O_2 ガスの添加量が2.9%、4.3%、5.7%、8.6%、11.4%である時の各エッチング状態の電子顕微鏡写真を示す。この時のプロセス条件は、 Cl_2 ガスと N_2 ガスの流量がそれぞれ200sccm及び500sccmに固定され、 O_2 ガスの流量のみが変化された。

[0059] 図7A乃至図7Dは、比較的適正なエッチング形状を示している。しかし、図7Eでは、側壁にデポが発生している。一方、図6のグラフから明らかなように、 O_2 ガスの添加量が増大される程、エッチング対象層のエッチングレートは大きくなるのに対して、下地層のエッチングレートは低下し、従って、選択比は増大している。また、 O_2 ガスの添加量が2.9%よりも少ない場合には、エッチングレートが過度に低下してしまっ好ましくない。また、 O_2 ガスの添加量が8.6%よりも大きくなると、図7Eに示すように、側壁にデポが発生してエッチング形状が劣化してしまうので好ましくない。以上から、 O_2 ガスの添加量が2.9～8.6%の範囲内では、適正な選択比が得られ、特に4.3～5.7%の範囲内では、3.0以上の選択比が得られて側壁デポも全く発生せず好ましい、ということが確認できた。

[0060] 前記の実施の形態では、塩素含有ガスとして Cl_2 ガスが用いられているが、本発明はこれに限定されない。例えば、 BCl_3 等を用いることができる。また前記の実施の形態では、添加ガスとして酸素含有ガスと窒素含有ガスとの2種類のガスが用いられているが、これらの2種類のガスに代えて、酸化窒素ガスを用いてもよい。この酸化窒素ガスとしては、例えばNOガス、 N_2O ガス、 NO_2 ガス等を用いることができる。

[0061] また、ここでは、被処理体である半導体ウエハWの断面構造として、下地層4としてポリシリコン層が形成されている場合を例として説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、下地層4がシリコン単結晶よりなる場合にも本発明を適用することができる。また、エッチング対象層6としては、窒化タングステン膜6Aとタングステン膜6Bの積層構造に限定されず、タングステンを含む材料であるならば、どのような膜でもよい。例えば、窒化タングステン膜だけの単層、或いは、タングステン膜だけの単層の場合にも、本発明を適用することができる。

[0062] また、被処理体としては、半導体ウエハに限定されず、ガラス基板、LCD基板等に

も本発明を適用することができる。

請求の範囲

- [1] シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すようにしたエッチング方法において、
前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとが用いられる
ことを特徴とするエッチング方法。
- [2] 前記塩素含有ガス及び前記窒素含有ガスの合計流量に対する前記酸素含有ガスの添加量は、2.9～8.6%の範囲内であり、
前記塩素含有ガス及び前記窒素含有ガスの合計流量に対する前記窒素含有ガスの流量比は、50～80%の範囲内である
ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。
- [3] シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すようにしたエッチング方法において、
前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸化窒素系ガスとが用いられることを特徴とするエッチング方法。
- [4] 前記プラズマは、マイクロ波によって発生される
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のエッチング方法。
- [5] 前記エッチング処理は、RLSA (Radial Line Slot Antenna) 方式の平面アンテナ部材を有する処理容器内で行われる
ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のエッチング方法。
- [6] 前記下地層は、ポリシリコン層よりなり、
前記エッチング対象層は、窒化タングステン膜とタングステン膜との積層構造を有する
ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のエッチング方法。
- [7] シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズ

マの存在下でエッチング処理を施すエッチング装置について、

前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとを用いてエッチング処理を施す、

というようにエッチング装置を制御するプログラム

を含むコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

- [8] シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体に対して、真空引き可能になされた処理容器内にてプラズマの存在下でエッチング処理を施すエッチング装置について、

前記エッチング時のガスとして、塩素含有ガスと酸化窒素系ガスとを用いてエッチング処理を施す、

というようにエッチング装置を制御するプログラム

を含むコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

- [9] 内部が真空引き可能な処理容器と、

シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、

前記処理容器内へ塩素含有ガスと酸素含有ガスと窒素含有ガスとをエッチング時のガスとして供給するためのガス供給手段と、

前記処理容器内でプラズマを立てるためのプラズマ形成手段と、

前記処理容器内へ前記エッチング時のガスを供給する工程と前記処理容器内でプラズマを立ててエッチングを行う工程とを実行するように前記ガス供給手段及び前記プラズマ形成手段を制御する制御手段と、

を備えたことを特徴とするエッチング装置。

- [10] 内部が真空引き可能な処理容器と、

シリコン含有材料よりなる下地層上にタングステン含有材料よりなるエッチング対象層が形成された被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、

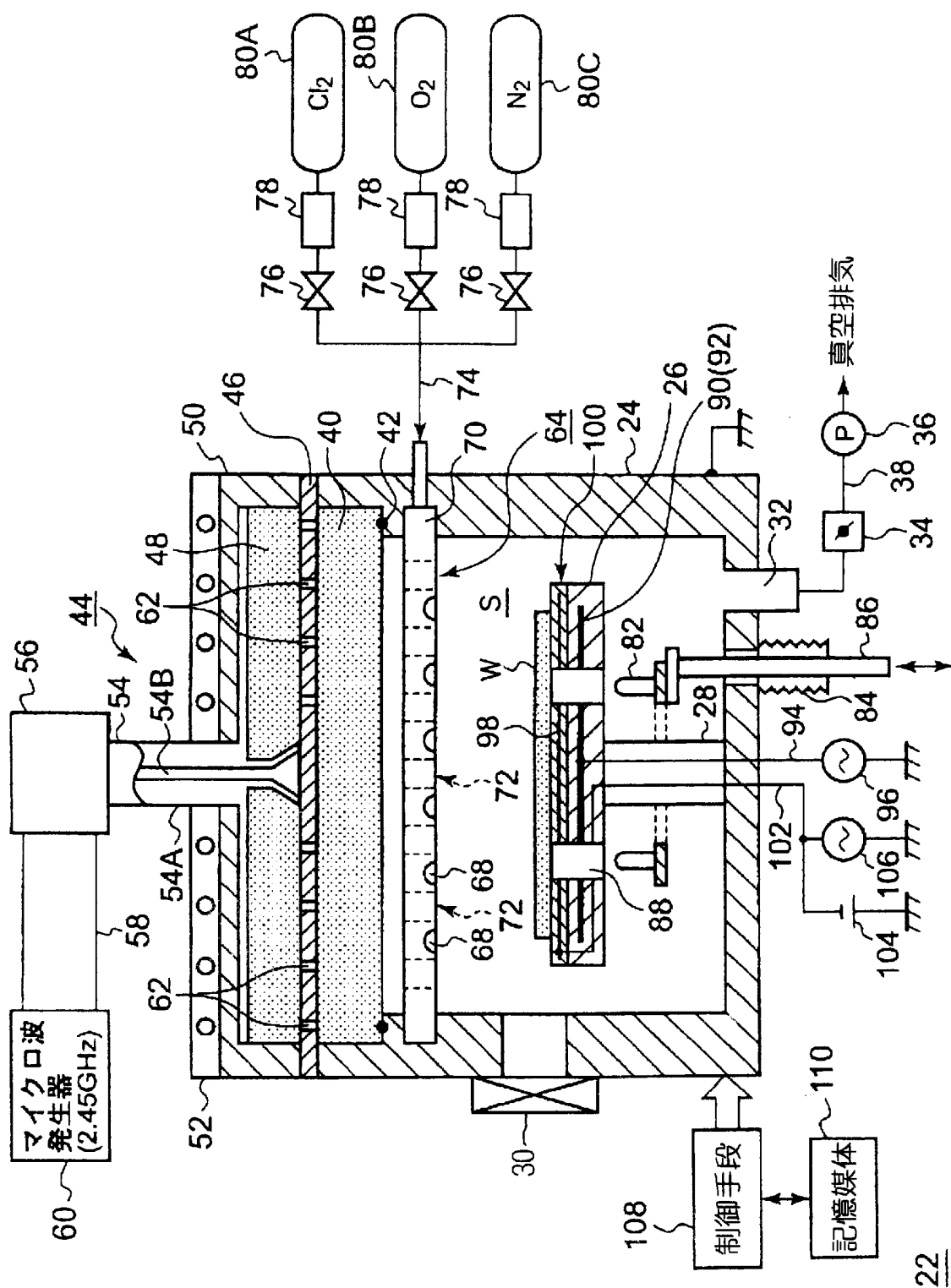
前記処理容器内へ塩素含有ガスと酸化窒素系とをエッチング時のガスとして供給するためのガス供給手段と、

前記処理容器内でプラズマを立てるためのプラズマ形成手段と、

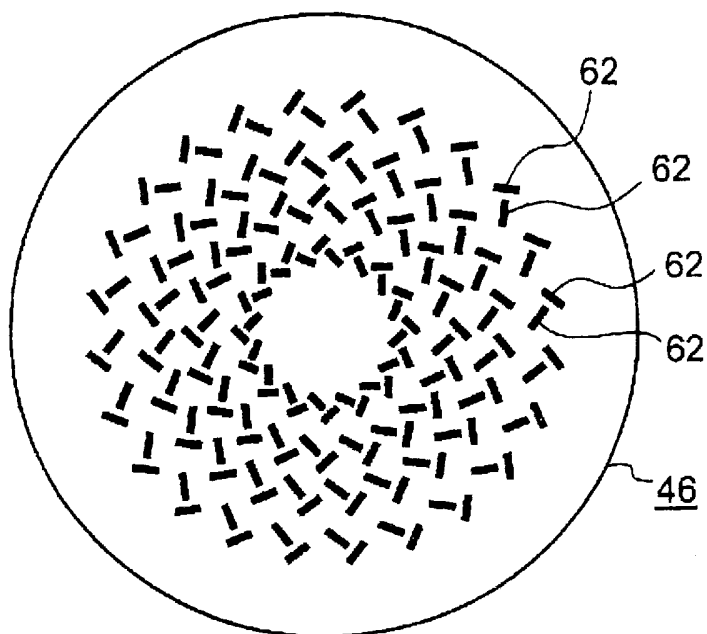
前記処理容器内へ前記エッチング時のガスを供給する工程と前記処理容器内でプラズマを立ててエッチングを行う工程とを実行するように前記ガス供給手段及び前記プラズマ形成手段を制御する制御手段と、
を備えたことを特徴とするエッチング装置。

- [11] 前記プラズマは、マイクロ波によって発生される
ことを特徴とする請求項9または10に記載のエッチング装置。
- [12] 前記プラズマ形成手段は、RLSA(Radial Line Slot Antenna)方式の平面アンテナ部材によってプラズマを形成するようになっている
ことを特徴とする請求項9乃至11のいずれかに記載のエッチング装置。

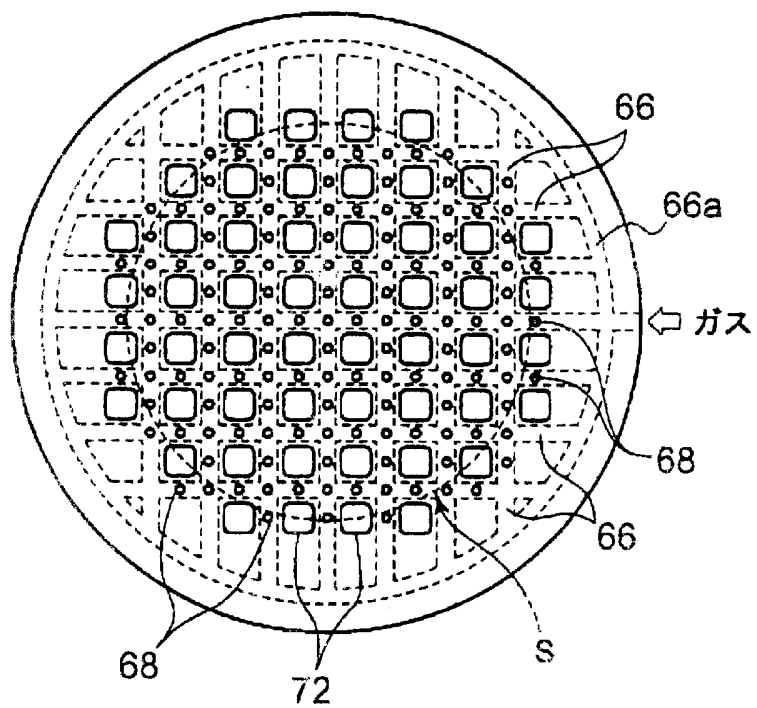
[図1]



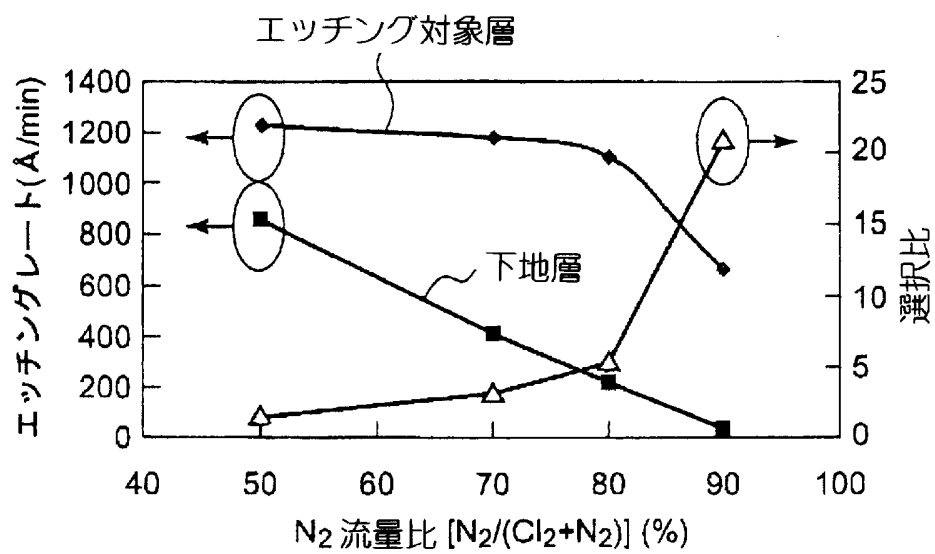
[図2]



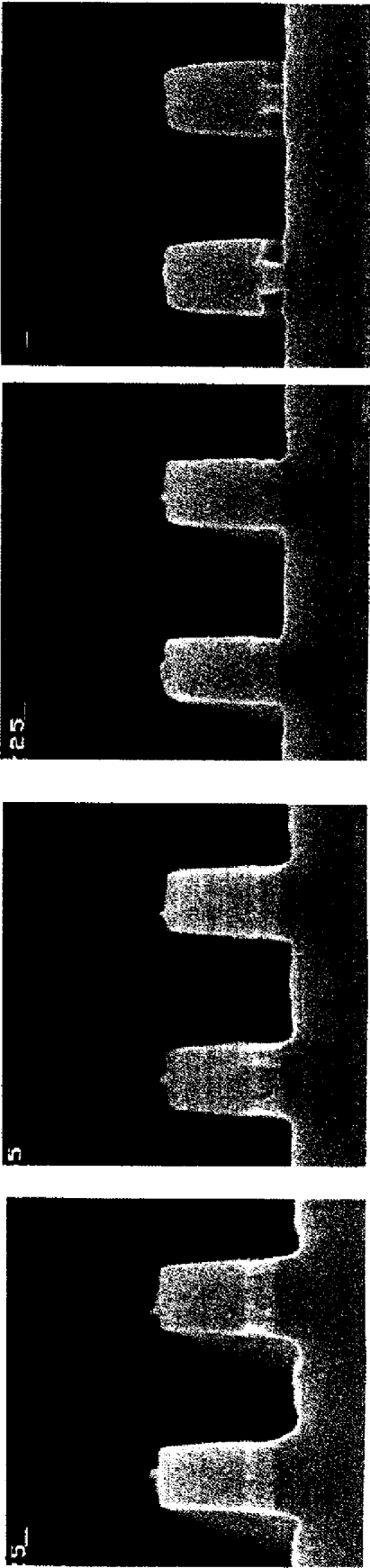
[図3]



[図4]



[図5]



<90%>

5D

<80%>

5C

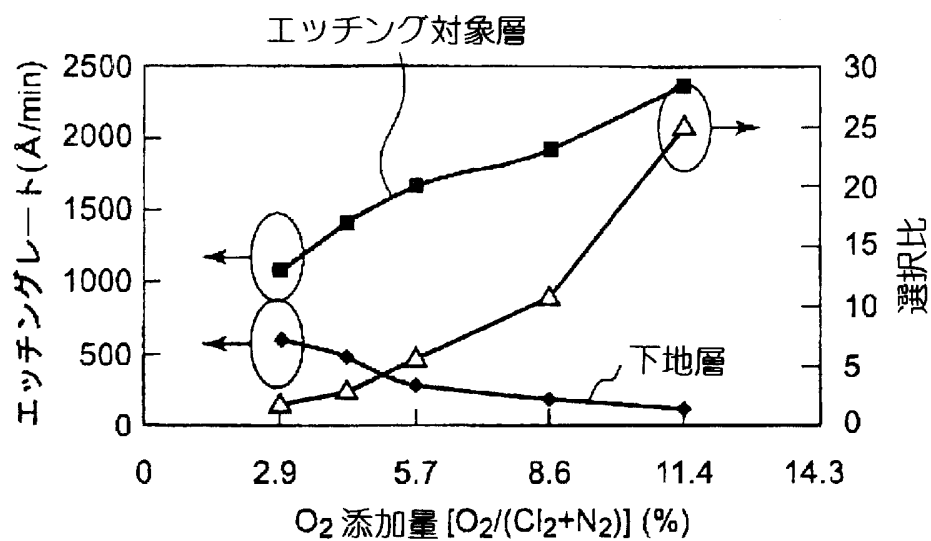
<70%>

5B

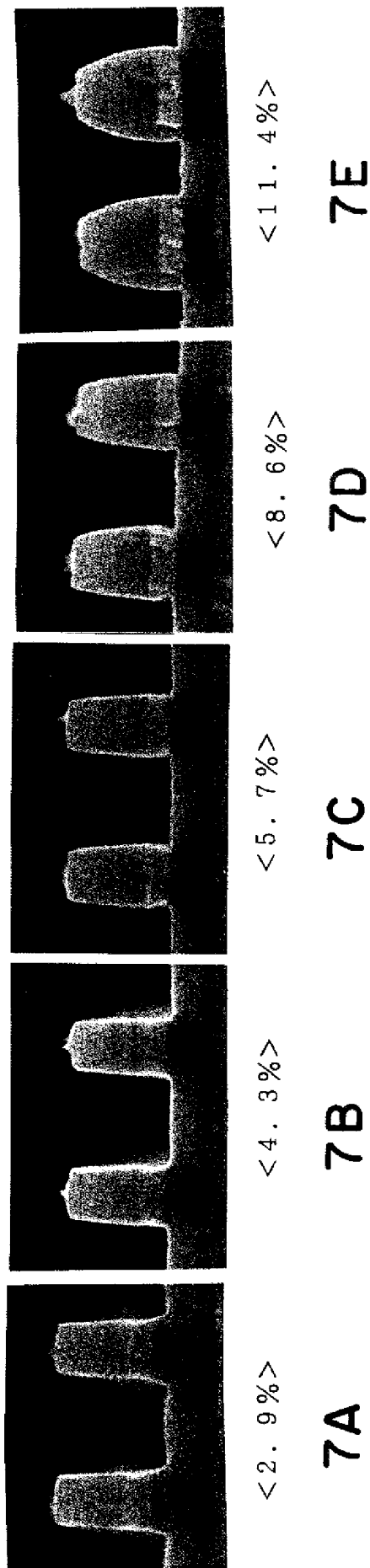
<50%>

5A

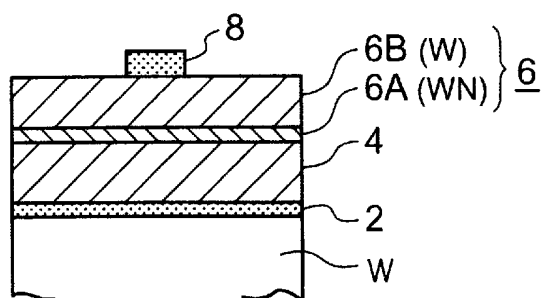
[図6]



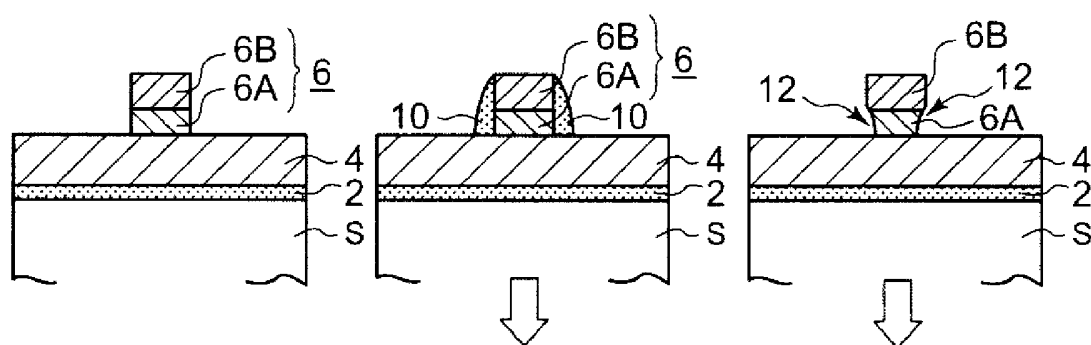
[図7]



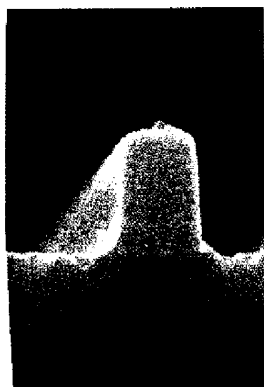
[図8]



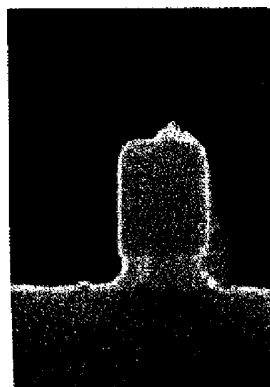
[図9]



9A



9B



9C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065 (2006.01)

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)

H01L21/3065 (2006.01), **H01L21/28** (2006.01), **H01L21/3205** (2006.01), **H01L29/78** (2006.01)

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

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.
X <u>Y</u>	JP 2004-273532 A (Hitachi High-technologies Corp.), 30 September, 2004 (30.09.04), Par. Nos. [0015] to [0018] (Family: none)	1, 2, 4, 7 <u>5, 12</u>
X <u>Y</u>	JP 2000-252259 A (Sony Corp.), 14 September, 2000 (14.09.00), Par. Nos. [0048] to [0084] & US 6723652 B1	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11 <u>5, 12</u>
X	JP 10-116824 A (Sony Corp.), 06 May, 1998 (06.05.98), Par. Nos. [0009] to [0031] & US 5880033 A	1, 2, 3, 7-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
26 December, 2005 (26.12.05)

Date of mailing of the international search report
17 January, 2006 (17.01.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021256

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-355550 A (Tadahiro OMI), 10 December, 2002 (10.12.02), Par. Nos. [0026] to [0050] & WO 2002/080253 A1	5, 12
A	JP 2004-119781 A (Sharp Corp.), 15 April, 2004 (15.04.04), Par. Nos. [0016] to [0024] (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)

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 (IPC))

Int.Cl. H01L21/3065(2006.01), H01L21/28 (2006.01), H01L21/3205 (2006.01), H01L29/78(2006.01)

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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 請求の範囲の番号
X	JP 2004-273532 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2004.09.30, 段落【0015】-【0018】	1, 2, 4, 7
<u>Y</u>	(ファミリーなし)	<u>5, 12</u>
X	JP 2000-252259 A (ソニー株式会社) 2000.09.1 4, 段落【0048】-【0084】	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11
<u>Y</u>	& US 6723652 B1	<u>5, 12</u>

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
26. 12. 2005

国際調査報告の発送日
17. 01. 2006

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/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 R	3339
菅野 智子		
電話番号 03-3581-1101 内線 3471		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求の範囲の番号
X	JP 10-116824 A (ソニー株式会社) 1998.05.06, 段落【0009】-【0031】 & US 5880033 A	1, 2, 3, 7-10
Y	JP 2002-355550 A (大見忠弘) 2002.12.10, 段 落【0026】-【0050】 & WO 2002/080253 A1	5, 12
A	JP 2004-119781 A (シャープ株式会社) 2004.04. 15, 段落【0016】-【0024】 (ファミリーなし)	1-12