

(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
2011年9月9日(09.09.2011)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2011/108663 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/054961
- (22) 国際出願日: 2011年3月3日(03.03.2011)
- (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 2010-048450 2010年3月4日(04.03.2010) 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]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1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): 佐々木 勝 (SASAKI, Masaru) [JP/JP]; 〒9813137 宮城県仙台市泉区大沢3-2-1 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Miyagi (JP). 茂山 和基 (MOYAMA, Kazuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Hyogo (JP). 井上 雅喜 (INOUE, Masaki) [JP/JP]; 〒9813137 宮城県仙台市泉区大沢

3-2-1 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Miyagi (JP). 能登 陽子(NOTO, Yoko) [JP/JP]; 〒9813137 宮城県仙台市泉区大沢3-2-1 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Miyagi (JP).

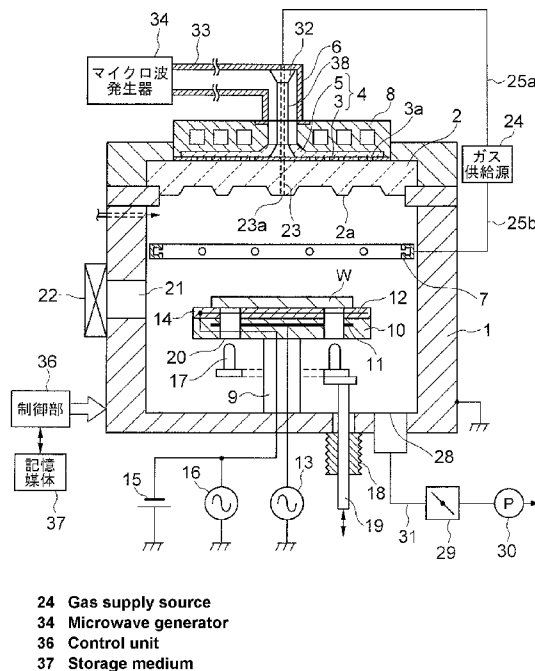
- (74) 代理人: 塩島 利之 (SHIOJIMA, Toshiyuki); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町二丁目12番地 フローラル秋葉原7階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: PLASMA ETCHING METHOD, METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR DEVICE, AND PLASMA ETCHING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマエッチング方法、半導体デバイスの製造方法、及びプラズマエッチング装置

[図1]



(57) Abstract: Provided is a plasma etching method in which it is possible to increase the selectivity of a silicon nitride film in relation to the silicon oxide film or silicon functioning as a base. Specifically, provided is a plasma etching method which involves setting the pressure within a treatment container (1) to a predetermined level by discharging a treatment gas while supplying the treatment gas into the treatment container (1), generating a plasma by supplying external energy to the treatment gas, and setting the bias, which is applied to a mounting table (10) mounted with a substrate within the treatment container (1), to a predetermined value, thereby selectively etching a silicon nitride film in relation to a silicon and/or a silicon oxide film. The treatment gas contains a plasma exciting gas, a CH_xF_y gas, and at least one oxidizing gas selected from a group comprising O₂, CO₂, and CO, and the flow ratio of the oxidizing gas in relation to the CH_xF_y gas is set at 4/9 or more.

(57) 要約: 下地となるシリコンやシリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜の選択比を高めることができるプラズマエッチング方法を提供する。処理容器1内に処理ガスを供給しながら処理ガスを排気して処理容器1内の圧力を所定値に設定し、処理ガスに外部エネルギーを供給してプラズマを生成し、処理容器1内の基板が載置される載置台10に印加するバイアスを所定

値に設定することによって、シリコン窒化膜をシリコン及び/又はシリコン酸化膜に対して選択的にエッチングするプラズマエッチング方法において、処理ガスは、プラズマ励起用ガス、CH_xF_yガス、並びにO₂、CO₂、COの群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含み、CH_xF_yガスに対する酸化性ガスの流量比を4/9以上に設定する。



(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))

明 細 書

発明の名称：

プラズマエッチング方法、半導体デバイスの製造方法、及びプラズマエッチング装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマを用いたプラズマエッチング方法、半導体デバイスの製造方法、及びプラズマエッチング装置に関する。

背景技術

[0002] L S I (Large Scale Integration)は、これまで2～3年毎に4倍のスピードで集積化が進められてきており、今後も続くものと予想される。プラズマエッチング技術は半導体製造の微細パターンを形成する上で、リソグラフィと並び重要な基盤技術である。プラズマエッチングの基本メカニズムはプラズマ生成によって発生するラジカルの被エッチング膜への吸着と、R Fによるイオン照射とによって起こるイオンアシストエッチング反応である。これまでにプラズマソースとして平行平板、E C R (Electron Cyclotron Resonance)、I C P (Inductively Coupled Plasma)タイプが使用されている。

[0003] プラズマエッチング方法として、シリコン基板上やシリコン酸化膜上のシリコン窒化膜をエッチングする場合がある。この場合、下地となるシリコン基板やシリコン酸化膜に対してシリコン窒化膜の選択比を高くすることが要求される。選択比は、エッチング対象のシリコン窒化膜のエッチングレートとエッチング非対象の下地膜のエッチングレートの比で表され、選択比が大きいほどよいことになる。

[0004] シリコン基板やシリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜の選択比を高めたエッチング方法は、例えばM O S (Metal-Oxide-Semiconductor) トランジスタの製造方法において使用される。M O S トランジスタの製造方法の一例は以下のとおりである。

[0005] 図24は、M O S トランジスタの製造方法の一例を示す。大規模L S Iは

ほとんどがトランジスタとしてMOSトランジスタを用いている。MOSトランジスタを微細化する上で、MOSトランジスタのソース、ドレインには、 $p-n$ 接合深さを浅く形成する所謂「浅い接合」が要求される。「浅い接合」を実現するため、MOSトランジスタのソース、ドレインには、エクステンション領域が形成される（例えば特許文献1参照）。

[0006] まず、図24（a）に示すように、シリコン基板101上にシリコン酸化膜102を形成する。次に、基板上にポリシリコン膜を堆積した後、リソグラフィ技術及びドライエッチングにより、ポリシリコンをパターニングしてゲート電極103を形成する。

[0007] 次に、図24（b）に示す工程で、CVD法により基板上にシリコン酸化膜104を堆積する。続いて、図24（c）に示す工程で、シリコン酸化膜104をエッチバックしてゲート電極103の側面上にオフセットスペーサ104aを形成するとともに、ゲート電極103の下にゲート絶縁膜102aを形成する。これに続いて、ゲート電極103及びオフセットスペーサ104aをマスクとしてイオン注入を行い、シリコン基板101内のゲート電極103の両側方にエクステンション領域108を形成する。

[0008] 次に、図24（d）に示す工程で、基板上にシリコン酸化膜等の絶縁膜を堆積した後、これをエッチバックし、オフセットスペーサ104aの外側にシリコン酸化膜からなるサイドウォールスペーサ109を形成する。その後、ゲート電極103、オフセットスペーサ104a及びサイドウォールスペーサ109をマスクとしてイオン注入を行い、シリコン基板101内のエクステンション領域108の外側に高濃度ソース・ドレイン領域107を形成する。

[0009] 次に、図24（e）に示す工程で、基板上にコバルト、ニッケル等の金属膜を堆積してから、ゲート電極103の上部及び高濃度ソース・ドレイン領域107の露出しているシリコン表面部とコバルト、ニッケル等とを反応させることにより、低抵抗化のためのシリサイド膜110を、ゲート電極103の上部及び高濃度ソース・ドレイン領域107の露出している表面部に自

己整合的に形成する。

- [0010] 微細化したゲート電極 103 をエッチングする際、処理容器内にプラズマを発生させ、処理容器内の基板が載置される載置台に RF を印加することによって、基板上にイオンを引き込み、ゲート電極 103 をドライエッチングする。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特開 2002-289841 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] 上記図 24 (d) に示す工程において、ゲート電極 103 の側壁にサイドウォールスペーサ 109 を形成するにあたり、ソース・ドレイン領域の上部及びゲート電極 103 の上部のシリコン窒化膜をエッチングする工程が必要になる場合がある。この場合、下地となるシリコン基板やシリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜の選択比を高めたエッチングが要求される。
- [0013] また、サイドウォールスペーサ 109 には、イオン注入に耐えられる強度が要求されることから、シリコン窒化膜が使用される場合がある。そして、上記図 24 (e) に示す工程で、イオン注入の際にマスクとして使用されたシリコン窒化膜からなるサイドウォールスペーサ 109 を除去するエッチングが必要になる。すなわち、シリコン窒化膜からなるサイドウォールスペーサ 109 をシリコン酸化膜からなるオフセットスペーサ 104a に対して選択的に除去するエッチングが必要になる。
- [0014] そこで本発明の目的は、下地となるシリコン基板やシリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜の選択比を高めることができ、これにより下地にダメージ（リセス）入るのを防止できるプラズマエッチング方法、半導体デバイスの製造方法、及びプラズマエッチング装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するために、本発明の第一の態様は、処理容器内に処理ガスを供給しながら前記処理ガスを排気して前記処理容器内の圧力を所定値に設定し、処理ガスに外部エネルギーを供給してプラズマを生成し、前記処理容器内の基板が載置される載置台に印加するバイアスを所定値に設定することによって、シリコン窒化膜をシリコン及び／又はシリコン酸化膜に対して選択的にエッチングするプラズマエッチング方法において、前記処理ガスは、プラズマ励起用ガス、 CH_xF_y ガス、並びに O_2 、 CO_2 、 CO の群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含み、前記 CH_xF_y ガスに対する前記酸化性ガスの流量比を、前記酸化性ガスとして O_2 又は CO_2 を用いた場合には $4/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして CO を用いた場合には $8/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして O_2 、 CO_2 及び CO の少なくとも二つを混合した混合ガスを用いた場合には O_2 に換算して $4/9$ 以上に設定することを特徴とするプラズマエッチング方法である。ただし、前記 CH_xF_y ガスにおいて x 及び y は1以上の整数である。

[0016] 上記課題を解決するために、本発明の第二の態様は、シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング方法であって、処理容器内にエッチング処理用の処理ガスを供給しながら前記処理ガスを排気して、前記処理容器内の圧力を 40.0 Pa 以上（ 300 mTorr 以上）の圧力に設定し、前記処理容器の上部の誘電体窓を介して前記処理容器にマイクロ波を導入して前記処理容器内にプラズマを発生させ、前記処理容器内の基板が載置される載置台に RF （radio frequency）を印加しないノンバイアスの状態で、前記シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング方法である。ただし、前記 CH_xF_y ガスにおいて x 及び y は1以上の整数である。

発明の効果

[0017] 本発明の第一の態様によれば、 CF 系の堆積物（deposit）を除去するために必要な量よりも過剰に酸化性ガスが供給されるので、シリコン基板の表面を酸化しながらエッチングすることになり、シリコンの表面に SiO_2 の被膜が形成される。結合エネルギーに関して、 $\text{Si-O} > \text{Si-N} > \text{Si-Si}$ の

関係があるので、シリコン基板の表面に SiO_2 の被膜を形成することで、シリコン基板の表面が硬くなり、シリコンのエッチングレートが低くなる。一方、シリコン基板と同様にシリコン窒化膜も酸化されるが、エッチングレートはシリコンほど低くならないので、シリコンに対するシリコン窒化膜の選択比が高くなる。

[0018] また、CF系の堆積物 (deposit) を除去するために必要な量よりも過剰に酸化性ガスを供給することで、もともと酸化されているシリコン酸化膜のエッチングレートも低くなる。したがって、シリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜の選択比が高くなる。

[0019] 本発明の第二の態様によれば、処理容器内を40.0Pa以上(300mTorr以上)の高圧にし、載置台に印加するRFバイアスを0にする(RFバイアスを印加しない)ので、シリコン窒化膜を等方的にエッチングすることができる。基板に照射されるイオンエネルギーは、プラズマのポテンシャルエネルギーと基板に印加されるバイアスの和と相関関係がある。RFバイアスを略0にすることで、プラズマのポテンシャルエネルギーだけでのエッチングが可能になる。プラズマのポテンシャルエネルギーもマイクロ波プラズマを用いることで低くなるので、ダメージを与えずにシリコン窒化膜をエッチングすることが可能になる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の一実施形態のRLSAエッチング装置の全体構成図
[図2]RLSAのスリットのパターンを示す斜視図(一部断面図を含む)
[図3]RLSAエッチング装置における誘電体窓からの距離と電子密度との関係を示すグラフ
[図4]RLSAエッチング装置における誘電体窓からの距離と電子温度との関係を示すグラフ
[図5]MOSトランジスタの製造方法の工程図
[図6]サイドウォールスペーサを等方性エッチングしたMOSトランジスタの断面図

[図7] シリコン基板に発生するダメージ、フットィングを示す模式図（図中（a）はダメージを示し、図中（b）はフットィングを示す）

[図8] MOSトランジスタのサイドウォールスペーサの等方性エッチングの工程図

[図9] MOSトランジスタのエッチングの工程図（図中（a）は異方的エッチングを示し、図中（b）は等方的エッチングを示す）

[図10] F i n F E Tの製造方法の工程図

[図11] 実施例にて用意された半導体デバイスの異方性エッチングの工程図

[図12] リセスの観察結果を示す写真

[図13] リセスの観察結果を示す写真

[図14] エッチングレートのパラメータ依存性を示すグラフ（図中（a）は O_2 流量依存性を示し、図中（b）はマイクロ波パワー依存性を示し、図中（c）はRFパワー依存性を示す）

[図15] エッチング後のシリコン表面のXPS分析結果を示すグラフ

[図16] O_2 流量とシリコン酸化膜のエッチングレートとの関係を示すグラフ

[図17] シリコン窒化膜の酸化状態を示す（図中（a）は深さと酸素濃度との関係を示し、図中（b）は表面の O_2 濃度とエッチングレートとの関係を示す）

[図18] シリコン基板の表面に形成されるシリコン酸化膜を示す模式図

[図19] V_{pp} とシリコン酸化膜の関係を示すグラフ

[図20] R L S Aエッチング装置と平行平板のエッチング装置とでイオンエネルギーを比較した模式図

[図21] プラズマ源としてR L S Aを用いたエッチング装置と平行平板を用いたエッチング装置とで、プラズマポテンシャルを比較したグラフ（図中（a）はマイクロ波パワーを変化させたグラフを示し、図中（b）は圧力を変化させたグラフを示し、図中（c）はRFパワーを変化させたグラフを示す）

[図22] 圧力を変化させたときのシリコン窒化膜のエッチングレート及びスリミングレートの変化を示すグラフ

[図23] 圧力・RFを変化させたときのシリコン窒化膜、シリコン酸化膜、及びポリシリコンのエッチングレートの変化を示すグラフ

[図24] 従来のMOSトランジスタの製造方法の工程図

発明を実施するための形態

[0021] 以下、添付図面を参照して、本発明の第一及び第二の実施形態のプラズマエッチング方法を説明する。第一及び第二の実施形態のプラズマエッチング方法は同一の構造のエッチング装置において実行される。エッチング装置には、RLSA (Radial Line Slot Antenna) を用いてマイクロ波プラズマを生成するRLSAエッチング装置が用いられる。

[0022] 図1は、RLSAエッチング装置の全体の構成図を示す。RLSAエッチング装置はプラズマ源としてマイクロ波を利用する。マイクロ波を利用することで、エッチング処理を行う領域において低電子温度かつ高密度のプラズマを生成することが可能になる。RLSAエッチング装置の各部の構造は以下のとおりである。

[0023] RLSAエッチング装置は、アルミニウム合金等からなる筒状の処理容器1を備える。処理容器1は接地されている。処理容器1の底部の中央には、支柱9により起立された載置台10が設けられる。載置台10の上面に半導体ウェハWが保持される。この載置台10は、例えばアルミナや窒化アルミナ等のセラミック材からなる。載置台10には、その略全域に亘って抵抗加熱ヒータ11が埋め込まれ、半導体ウェハWを所定の温度に加熱維持できるようになっている。この抵抗加熱ヒータ11は、支柱9内に配された配線を介してヒータ電源13に接続される。載置台10の内部には、図示しない冷却媒体経路が設けられる。冷却媒体経路は円環状に形成される。チラーユニットから供給される冷却媒体を冷却媒体経路に循環させることで、半導体ウェハWを所定の温度に冷却維持できるようになっている。

[0024] 載置台10の上面には、網目状に配設した導体線12を内部に備える薄板状の静電チャック14が設けられる。導体線12には、直流電源15を接続してあり、直流電源15が供給する直流電圧により、静電チャック14は、

載置台 10 に載置される半導体ウェハ W を静電吸着する。静電チャック 14 の内部の導体線 12 には、例えば、整合器（不図示）を介して 13. 56 MHz のバイアス用の高周波電力を印加するバイアス印加部としてのバイアス用高周波電源 16 が接続される。整合器は、載置台 10、処理容器 1 内に生成されたプラズマ、及び処理容器 1 を含む負荷のインピーダンスにバイアス用高周波電源 16 の出力インピーダンスを整合させる。整合器は自己バイアスを発生させるためのブロックコンデンサ（blocking condenser）を含む。バイアス用高周波電源 16 が供給する高周波電力の周波数は、13. 56 MHz に限定されるものではなく、27 MHz など他の RF 帯の周波数でもよい。

[0025] 載置台 10 の下方には、半導体ウェハ W の搬出入時に載置台 10 を昇降させるための複数の昇降ピン 17 が設けられる。昇降ピン 17 は、伸縮可能なベローズ 18 を介して処理容器 1 の底部を貫通して設けられた昇降ロッド 19 により昇降される。載置台 10 には、昇降ピン 17 が挿通可能な挿通孔 20 が形成される。

[0026] 処理容器 1 の周囲壁には、半導体ウェハ W を搬入、搬出するための搬出入口 21 が設けられる。搬出入口 21 には、処理容器 1 内を密閉状態にしたまま搬出入口 21 を開閉するためのゲートバルブ 22 が設けられる。

[0027] 処理容器 1 の天井部の誘電体窓 2 の中央には、処理容器 1 内に処理ガスを供給するセンターガス導入路 23 が設けられる。センターガス導入路 23 は同軸管 38 の内側導体を貫通するように設けられる。誘電体窓 2 a の中央には処理容器に開口する噴射口 23 a が形成される。センターガス導入路 23 はガス通路 25 a を介してガス供給源 24 に接続される。ガス通路 25 a の途中には、各ガスの流量を制御する流量制御器（MFC）及びオンオフを行うバルブが設けられていて、処理ガスの各ガスの流量を制御しつつガス通路 23 に供給できるようになっている。ガス供給源 24 からの処理ガスは、ガス通路 25 a 及びセンターガス導入路 23 を流れ、噴射口 23 a から下方に位置する載置台 10 に向かって噴射される。処理ガスは真空ポンプ 30 によ

って載置台 10 を囲む円環状の排気経路に引かれているので、半導体ウェハ W に向かって噴射された処理ガスは処理容器内を半径方向外側に拡散する。

[0028] また、噴射口 23 a よりも下方でかつ半導体ウェハ W よりも上方には、処理ガスを供給するためのガスリング 7 が設けられる。これらのガスリング 7 及びセンターガス導入路 23 が処理ガス供給部を構成する。ガスリング 7 は中空のリング形状に形成され、その内周側の側面には周方向に均等間隔を空けて複数の側面噴出口を有する。複数の側面噴射口は処理容器 1 内のプラズマ領域内に開口する。ガスリング 7 は、ガス通路 25 b を介してガス供給源 24 に接続される。ガス通路 25 b の途中には、処理ガスの各ガスの流量を制御する流量制御器 (MFC) 及びオンオフを行うバルブが設けられていて、処理ガスの各ガスの流量を制御しつつガスリング 7 に供給できるようになっている。ガス供給源 24 からの処理ガスはガス通路 25 b を介してガスリング 7 に導入される。ガスリング 7 の内部圧力は処理ガスが充満することで周方向に均一になり、多数の側面噴射口から処理容器 1 内のガスリング 7 の半径方向の内側領域に向かって均一に処理ガスが噴射される。ガスリング 7 からプラズマの電子温度の低い領域 (プラズマ拡散領域) に処理ガスが供給されるので、処理ガスの過剰解離を抑制し、最適な解離状態を得ることができる。

[0029] 処理ガスには、プラズマ励起用ガス、 CH_xF_y ガス (X 及び Y は 1 以上の整数)、及び酸化性ガスが含まれる。プラズマ励起用ガスは、Ar、He、Ne、Kr 及び Xe の少なくとも一つを含む。 CH_xF_y ガスは、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CHF_2 、 CHF_3 の群から選ばれる少なくとも一つを含む。酸化性ガスは、 O_2 、 CO_2 、CO の群から選ばれる少なくとも一つを含む。 CH_xF_y ガス及び酸化性ガスがエッチングガスを構成する。エッチングガスのうち、CHF 系ガスのラジカルは基板に堆積して堆積膜を形成する。 O_2 、 CO_2 、CO などの酸化性ガスは堆積膜中の炭素成分を除去・調整するために使用される。

[0030] 処理容器 1 の底部には、処理ガスを排出する排気口 28 が設けられる。載

置台 10 の上の基板 W に関して対称に分布する均一なガスの流れを得るために、排気口 28 は円周方向に均等間隔を空けて多数設けられる。排気口 28 には、制御部としての圧力調整弁 29、ガス排気部としての真空ポンプ 30 が介装された排気路 31 が接続される。これにより、処理容器 1 内の圧力を所要の値に調節することができる。

[0031] 処理容器 1 の天井部には、処理容器 1 の内部を密封するように誘電体窓 2 が設けられる。誘電体窓 2 は、石英、セラミック、アルミナ (Al_2O_3)、あるいは窒化アルミニウム (AlN) などの誘電体からなり、マイクロ波に対して透過性を有する。誘電体窓 2 の下面には処理容器 1 の内部に向かって突出する凸部 2a が形成される。凸部 2a を形成することで、プラズマ領域に対して斜めにマイクロ波が入射し、高真空から低真空まで広い圧力範囲にわたって共鳴吸収を起こさせることが可能になる。このため、高真空から低真空まで高密度プラズマを生成することが可能になる。

[0032] マイクロ波プラズマを発生させる RLSA 4 の構成は以下のとおりである。誘電体窓 2 の上面には、マイクロ波導入部として、処理容器 1 の内部にプラズマを発生させる RLSA 4 が設置される。RLSA 4 は、導電性材料よりなるスロット板 3 と、スロット板 3 の上面に設けられる円盤状の誘電体板 5 と、を備える。スロット板 3 の直径は半導体ウェハ W の直径よりも大きい。例えば半導体ウェハ W のサイズが 300 mm である場合、スロット板 3 の直径は 400 ~ 500 mm 程度である。スロット板 3 の厚みは 1 ~ 数 mm 程度に設定される。

[0033] スロット板 3 は、その表面が金メッキされた銅板又はアルミニウム板からなる。スロット板 3 には、同心円状に分布する T 字状形状の多数のスリット 3a が形成され、多数のスリット 3a から処理容器 1 内にマイクロ波が放射される。スリット 3a の配置は特に限定されるものでなく、例えば同心円状、渦巻状、あるいは放射状に配置される。

[0034] スロット板 3 の上面に設けられる誘電体板 5 は、石英、セラミック、アルミナ (Al_2O_3)、あるいは窒化アルミニウム (AlN) などの誘電体からな

る。誘電体板 5 は、同軸導波管 6 から導入されるマイクロ波を半径方向に伝搬させると共に、マイクロ波の波長を圧縮する。誘電体板 5 の上面及び下面は導体で覆われる。誘電体板 5 の上部には R L S A 4 を冷却するための冷却ジャケット 8 が設けられる。冷却ジャケット 8 には図示しないチラーユニットに接続される流路が形成される。冷却ジャケット 8 は誘電体板 5 に発生する熱を吸収し、外部に排出する。

[0035] 誘電体板 5 には、マイクロ波を導入する同軸導波管 6 が接続される。同軸導波管 6 は、モード変換器 3 2 及び矩形導波管 3 3 を介してマイクロ波発生器 3 4 に接続される。マイクロ波発生器 3 4 は、例えば、2. 4 5 G H z のマイクロ波を発生する。マイクロ波の周波数は 2. 4 5 G H z に限定されるものではなく、例えば 8. 3 5 G H z など他の周波数でもよい。また、マイクロ波を発生させるための高周波電力は 1 0 0 W 以上であり、例えば、1 5 0 0 W、2 0 0 0 W、3 0 0 0 W などに設定される。矩形導波管 3 3 は矩形形状のパイプから構成され、マイクロ波発生器 3 4 からモード変換器 3 2 に T E モードでマイクロ波を伝搬する。モード変換器 3 2 は、矩形導波管 3 3 を同軸導波管 6 に連結するためのものであり、矩形導波管 3 3 内の T E モードのマイクロ波を同軸導波管 6 内の T E M モードのマイクロ波に変換する。モード変換器 3 2 は下方に向かって尖った円錐形状に形成される。モード変換器 3 2 の上部は矩形導波管 3 3 に結合され、モード変換器 3 2 の下部は同軸導波管 6 の内側導体に結合される。同軸導波管 6 はモード変換器 3 2 から R L S A 4 に向かって垂直下方に延び、スロット板 3 に連結される。同軸導波管 6 は、外側導体と内側導体とを有する二重管から構成される。マイクロ波は外側導体と内側導体との間を T E M モードで伝搬する。

[0036] マイクロ波発生器 3 4 から出力されたマイクロ波は、矩形導波管 3 3、モード変換器 3 2、同軸導波管 6 を経由した後、R L S A 4 に供給される。マイクロ波は R L S A 4 の誘電体板 5 を半径方向に拡散し、スロット板 3 のスリット 3 a を介して処理容器 1 内に放射される。これにより、誘電体窓 2 の直下の処理ガスがイオン化され、処理容器 1 内にプラズマが発生する。

[0037] 図2はRLSAの4の多数のスリットのパターンの一例を示す。スロット板3にはT字状の多数のスリット3aが同心円状に配列される。各スリット3aは長手方向が直交する二種類の個別スリットから構成される。同心円の半径方向のピッチは、RLSA4を半径方向に伝搬するマイクロ波の波長に基づいて定められる。スリット3aを通過することで、マイクロ波は互いに直交する二つの偏光成分を有する平面波に変換される。このようなRLSA4はアンテナの全領域から処理容器1内に均一にマイクロ波を放射するのに効果的であり、アンテナの下方に均一なプラズマを生成するのに適している。

[0038] マイクロ波発生器34、バイアス用高周波電源16、直流電源15、ヒータ電源13、ガス供給源24、排気ポンプ29等の個々の作動及び全体の動作は、制御部36によって制御される。制御部36は、例えばマイクロコンピュータ等から構成される。個々の作動及び全体の動作を定めたプログラムは、HDD、半導体メモリ又はCD等の記憶媒体37に記憶される。

[0039] 制御部には、処理ガスの流量、処理容器内の圧力、マイクロ波発生器34のマイクロ波パワー、載置台10のRFパワーを設定するためのレシピ設定部が設けられる。レシピ設定部に設定された各種の値はHDD、半導体メモリ又はCD等の記憶媒体37に記憶される。

[0040] RLSAエッチング装置の特徴は、エッチング処理を行う領域において低電子温度、かつ高密度のプラズマを生成することにある。図3に示すように、処理容器1の上部の誘電体窓2を介してマイクロ波を導入すると、誘電体窓2の直下の10～50mmの領域に高密度のプラズマが励起される。図4に示すように、発生領域のプラズマは高密度で電子温度も比較的高いが、プラズマは拡散によって発生領域からエッチング処理を行う領域に輸送されるので、電子温度が低下する。半導体ウェハWは電子温度の十分に低い拡散領域に設置されるため、イオン衝撃ダメージの少ないエッチングが可能になる。電子密度も同様に拡散によって減衰するが、発生領域のプラズマは高密度であるため、拡散領域においても十分に高密度が維持される。誘電体窓2

の下方のガスリング7からプラズマ拡散領域に処理ガスを供給することで、処理ガスの解離制御が可能になる。

[0041] 上記構成のRLSAエッチング装置を用いて、本発明の第一及び第二の実施形態のエッチング方法を実行する。本発明の第一及び第二の実施形態のエッチング方法は、半導体デバイスの製造方法の一工程として行われる。まず、半導体デバイスの製造方法の一例として、MOSトランジスタの製造方法を説明する。

[0042] 図5は、「浅い接合」が形成されるMOSトランジスタの製造方法を示す。まず、図5(a)に示すように、シリコン基板41に活性領域を囲むための素子分離を形成した後、熱酸化法により、シリコン基板41の活性領域上にゲート絶縁膜としてシリコン酸化膜42を形成する。次に、CVD法により、シリコン酸化膜42上にポリシリコン膜43を堆積する。その後、リソグラフィ技術及びドライエッチング技術により、ポリシリコン膜43をパターンニングして、ゲート電極44を形成する。なお、ゲート絶縁膜としてHigh-K材料を用い、ゲート電極として金属を用いてもよい。

[0043] 次に、図5(b)に示す工程で、例えばCVD法により、ゲート電極44の表面上にシリコン酸化膜45を形成する。

[0044] 次に、図5(c)に示す工程で、ゲート電極44のポリシリコン表面が露出するまで、ドライエッチングを行ない、シリコン酸化膜45のうちゲート電極44の上面の部分、及びシリコン基板41の上面の部分除去する。これにより、オフセットスペーサ45aがゲート電極44の側壁に形成される。

[0045] この後、図5(d)に示す工程で、ゲート電極44及びオフセットスペーサ45aをマスクとして不純物イオンを注入し、シリコン基板41内のゲート電極44の両側方にエクステンション領域46を形成する。オフセットスペーサ45aを形成することにより、シリコン基板41内の、ゲート電極44の直下方へのエクステンション領域46の入り込みを浅くすることができる。

- [0046] 次に、図5（e）に示す工程で、シリコン基板41上にCVD法により、シリコン窒化膜48を形成し、これを図5（f）に示す工程で、エッチバックしてサイドウォールスペーサ48aをオフセットスペーサ45aの側面上に形成する。その後、ゲート電極44、オフセットスペーサ45a及びサイドウォールスペーサ48aをマスクとして不純物イオンのイオン注入を行ない、エクステンション領域46の外側に高濃度ソース・ドレイン領域50を形成する。
- [0047] 次に、図5（g）に示す工程で、CVD法によりコバルト膜を基板上に堆積し、コバルト膜とポリシリコンとを反応させた後、エッチングにより未反応の金属コバルト膜を除去する。その後、シリサイドの相転換を行うことにより、ゲート電極44の上部にはシリサイド膜51が形成され、高濃度ソース・ドレイン領域50の表面部にもシリサイド膜が形成される（図示せず）。
- [0048] 本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法は、上記図5（e）→図5（f）に示すように、ゲート電極44の上部及びエクステンション領域46の上部のシリコン窒化膜48を異方性エッチングする工程に使用される。
- [0049] 以下に、本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法を説明する。図6には、図5の（e）から（f）に至る工程が示されている。シリコン基板41上にシリコン窒化膜48が積層された半導体ウェハWは、RLSAエッチング装置に搬送される。RLSAエッチング装置では、シリコン酸化膜48をエッチバックしてサイドウォールスペーサ48aをオフセットスペーサ45aの側面上に形成する。
- [0050] 本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法においては、処理容器1内に処理ガスを供給しながら処理ガスを排気して処理容器1内の圧力を所定値に設定し、処理ガスにマイクロ波を供給してプラズマを生成し、処理容器1内の半導体ウェハWが載置される載置台10に印加するバイアスを所定値に設定することによって、シリコン窒化膜48をエッチングする。

- [0051] 処理ガスは、プラズマ励起用ガス、 CH_xF_y ガス、及び酸化性ガスを混合したガスである。プラズマ励起ガスは、 Ar 、 He 、 Ne 、 Kr 及び Xe の群から選ばれる少なくとも一つを含む。 CH_xF_y ガスは、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CHF_2 、 CHF_3 の群から選ばれる少なくとも一つを含む。酸化性ガスは、 O_2 、 CO_2 、 CO の群から選ばれる少なくとも一つを含む。 CH_xF_y ガス及び酸化性ガスがエッチングガスを構成する。エッチングガスのうち、 CHF 系ガスのラジカルは基板に堆積して堆積膜を形成する。 O_2 、 CO_2 、 CO などの酸化性ガスは堆積膜中の C 分を除去・調整するために使用される。
- [0052] シリコン窒素膜 48 をエッチングするにあたり、シリコン基板 41 に対するシリコン窒化膜 48 の選択比を高くすることが課題となる。図 7 (a) に示すように、選択比が低いと、シリコン基板 41 にダメージ（リセス）が発生し、トランジスタの電流駆動能力（drivability）に悪影響を及ぼすからである。
- [0053] シリコン基板 41 に対するシリコン窒化膜 48 の選択比を高くするために、本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法においては、 CH_xF_y ガスに対する酸化性ガスの流量比を、酸化性ガスとして O_2 又は CO_2 を用いた場合には $4/9$ 以上に設定し、酸化性ガスとして CO を用いた場合には $8/9$ 以上に設定する。酸化性ガスとして O_2 、 CO_2 及び CO の少なくとも二つを混合した混合ガスを用いた場合には O_2 に換算して $4/9$ 以上に設定する。例えば O_2 の流量が α 、 CO の流量が β だとすると、 O_2 に換算した流量は $\alpha + \beta/2$ になる。同様に CO_2 の流量が γ 、 CO の流量が β だとすると、 O_2 に換算した流量は $\gamma + \beta/2$ になる。 O_2 の流量が α 、 CO の流量が β 、 CO_2 の流量が γ だとすると、 O_2 に換算した流量は $\alpha + \beta/2 + \gamma$ になる。これらの O_2 に換算した流量を CH_xF_y ガスの流量で割ることで流量比が得られる。 O_2 に換算したときの流量比を $4/9$ 以上に設定すればよい。
- [0054] CF 系の堆積物（deposit）を除去する捕集材（scavenger）としての酸化性ガスの流量は、 CH_xF_y ガスの流量の $1/20$ 程度である。 CH_xF_y ガスに対する酸化性ガスの流量比を酸素ガスに換算して $4/9$ 以上という大きな

値に設定することで過剰に酸化性ガスが供給され、シリコン基板 4 1 の表面を酸化しながらエッチングすることになる。詳しくは実施例にて後述するが、シリコンの表面に SiO_2 の被膜を形成することで、シリコン基板 4 1 の表面が硬くなり、シリコンのエッチングレートが低くなる。したがって、シリコン基板 4 1 に対するシリコン窒化膜 4 8 の選択比が高くなる。

[0055] ただし、シリコン基板 4 1 の表面に SiO_2 の被膜を形成すると、 SiO_2 の被膜がダメージ(リセス)となってしまう。このため、 SiO_2 の被膜の厚さは薄いことが望まれる。 SiO_2 の被膜の厚さ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小さければ小さいほど SiO_2 の被膜が薄くなる。載置台 1 0 に印加される RF バイアスを小さくすれば、イオンエネルギーが小さくなるので、半導体ウェハ W の直径が 300 mm の場合、ウェハ 1 cm^2 あたり、 $30 \text{ W} / (15 \times 15 \times \pi \text{ cm}^2)$ 以下の RF (radio frequency) を載置台 1 0 に印加する。半導体ウェハ W の直径が 450 mm の場合、 $30 \text{ W} \times (22.5 \times 22.5 \times \pi \text{ cm}^2) / (15 \times 15 \times \pi \text{ cm}^2)$ 以下の RF を印加すればよい。

[0056] ただし、RF バイアスを $15 \text{ W} / (15 \times 15 \times \pi \text{ cm}^2)$ 以下にすると、図 7 (b) に示すように、シリコン窒化膜 4 8 のサイドウォールスペーサ 4 8 a にフットイング 4 8 a 1 (footing) が形成されてしまう。フットイング 4 8 a 1 が生ずると、次工程のドーピングの精度に悪影響を及ぼす。フットイング 4 8 a 1 (footing) を生じさせないため、 $20 \text{ W} / (15 \times 15 \times \pi \text{ cm}^2)$ 以上の RF (radio frequency) を印加するのが望ましい。なお、フットイングが生じないエッチングの場合には、RF を 20 W 以下にしてもよい。

[0057] 表 1 に本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法の処理条件 (300 mm の半導体ウェハ W をエッチングするとき) の一例を示す。

[表1]

処理ガス (sccm)			圧力 (mTorr)	マイクロ波 パワー(W)	RFバイ アス(W)	処理時間 (s)
Ar	CH ₂ F ₂	O ₂	100 以下	2000	20~30	30
200~ 2000	45	30				

[0058] 本発明の第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法は、上記図5（g）に示す工程で、ゲート電極44の上部及びソース・ドレイン領域50の表面部にシリサイド膜51を形成した後、マスクとして使用されたゲート電極44の側壁のサイドウォールスペーサ48aを除去する工程に使用される。

[0059] ゲート電極44に側壁のサイドウォールスペーサ48aが形成された半導体ウェハWは、RLSAエッチング装置に搬送される。RLSAエッチング装置では、ゲート電極44の側壁のサイドウォールスペーサ48aをエッチングする。

[0060] 本発明の第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法においては、処理容器1内に処理ガスを供給しながら処理ガスを排気して処理容器1内の圧力を所定値に設定し、処理ガスにマイクロ波を供給してプラズマを生成し、処理容器1内の半導体ウェハWが載置される載置台10に印加するバイアスを0に設定することによって、シリコン窒化膜48を選択的にエッチングする。

[0061] 処理ガスは、プラズマ励起用ガス、CH_xF_yガス、及び酸化性ガスを混合したガスである。プラズマ励起ガスは、Ar、He、Ne、Kr及びXeの群から選ばれる少なくとも一つを含む。CH_xF_yガスは、CH₂F₂、CH₃F、CHF₂、CHF₃の群から選ばれる少なくとも一つを含む。酸化性ガスは、O₂、CO₂、COの群から選ばれる少なくとも一つを含む。CH_xF_yガス及び酸化性ガスがエッチングガスを構成する。エッチングガスのうち、CHF系ガスのラジカルは基板に堆積して堆積膜を形成する。O₂、CO₂、COなどの酸化性ガスは堆積膜中の炭素成分を除去・調整するために使用される。

[0062] 図8 (a) はサイドウォールスペーサ48aの除去前の状態を示し、図8 (b) はサイドウォールスペーサ48aの除去後の状態を示す。ゲート電極44の側壁のSiNからなるサイドウォールスペーサ48aをエッチングするにあたり、下地のシリコン酸化膜45やシリサイド膜51にダメージ（リセス）を与えず、設計値どおりにデバイスを製造することが課題になる。

[0063] 本実施形態のエッチング方法では、下地のシリコン酸化膜45やシリサイド膜51にダメージ、リセスを与えないために、マイクロ波プラズマが生成される処理容器1内の圧力を40.0Pa以上（300mTorr以上）に設定し、載置台10にRFを印加しない状態でサイドウォールスペーサ48aを等方的にエッチングする。RFを印加しないことで、イオンが方向性を持たなくなるので、等方的なエッチングが可能になる。処理容器1内の圧力を40.0Pa以上（300mTorr以上）に高圧に設定することで、イオンが基板に到達するまでにガス分子に衝突する回数が増え、その方向性を失い易くなる。このため、より等方的なエッチングが可能になる。図9 (a) はRFを印加した比較例を示す。RFを印加すると、イオンがシリコン基板41に引き込まれ、イオンの方向性、すなわち異方性が生まれる。

[0064] 表2に本発明の第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法の処理条件（300mmのウェハWのエッチングするとき）の一例を示す。

[0065] [表2]

処理ガス (sccm)			圧力 (mTorr)	マイクロ波 パワー (W)	RFバイ アス (W)
Ar	CH ₂ F ₂	O ₂	300 以上	2000	0
200~ 1000	45	30			

[0066] なお、本発明は、本発明の教示を考慮して様々な修正・変更可能である。具体的な実施形態についても、本発明の範囲から逸脱しない範囲で様々な修正・変更可能である。

[0067] 例えば本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法においては、プラズマを発生させるのにRLSAエッチング装置を用いているが、R

LSAエッチング装置の代わりに、平行平板、ECR (Electron Cyclotron Resonance)、ICP (Inductively Coupled Plasma)のエッチング装置を用いてもよい。

[0068] 本発明の第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法においても、プラズマを発生させるのにRLSAエッチング装置を用いているが、マイクロ波によって処理容器内にプラズマを発生させることができれば、RLSAエッチング装置の代わりに、他のエッチング装置を用いてもよい。

[0069] また、本発明の第一及び第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法は、三次元構造のMOSFETであるFinFETのエッチングにも適用することができる。図10はFinFETの製造方法の工程図を示す。図10(a)に示すように、シリコン基板61にフィン(fin)62と呼ばれるシリコン領域を形成し、フィン(fin)62の上面にシリコン酸化膜を形成する。次に、シリコン窒化膜65をマスクにしてポリシリコンからなるゲート電極63をエッチングする。ゲート電極63はフィン62をまたぐように形成されていて、フィン62の側面がチャネルとして使用される。ゲート電極63はゲート絶縁膜64を介してシリコン基板61上に形成される。次に、図10(b)に示すように、シリコン基板61、フィン62及びシリコン窒化膜65の上面に例えばCVD法によりシリコン窒化膜66を形成し、これを図10(c)に示す工程で、エッチバックしてゲート電極63の側壁にスペーサ46aを形成する。

[0070] 図10(b)から図10(c)に至る過程で、シリコン基板及びシリコン酸化膜に対するシリコン窒化膜66の選択比を高めた異方性エッチングが必要になる。この異方性エッチングに本発明の第一の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法を使用することができる。また図5(c)に示す工程で、ゲート電極63の側壁のスペーサ66aを等方的なエッチングが必要になる。この等方的なエッチングに本発明の第二の実施形態の半導体ウェハのエッチング方法を使用することができる。

[0071] 本発明の第一及び第二の実施形態のエッチング方法はMOSFETの製造

方法だけでなく、各種の半導体デバイスの製造方法に適用できる、

実施例 1

[0072] 図 1 1 (a) に示す半導体デバイスを用意し、シリコン窒化膜 7 3 をハードマスクにしてポリシリコンからなるゲート電極 7 2 をエッチングした。次に、CVD 法によりシリコン基板 7 1、ゲート電極 7 2 及びシリコン窒化膜 7 3 の上面に 6 nm のシリコン窒化膜 7 4 を形成した。RLSA エッチング装置を用いて、図 1 1 (b) に示すように、シリコン窒化膜 7 4 を異方性エッチングした。エッチングの処理条件は以下のとおりである。

[表3]

処理ガス (s c c m)			圧力 (mTorr)	マイクロ波 パワー (W)	R F バイ アス (W)
A r	C H ₃ F	O ₂	100	1,800	25
1000	20	13			

[0073] そして、シリコン 7 1 の表面のリセスを TEM (Transmission Electron Microscope) で観察した。

[0074] 図 1 2 はリセスの観察結果を示す。図 1 2 中の initial はエッチング前のリセスを示し、ME はメインエッチング後のリセスを示し、50%OE は 50%オーバーエッチング後のリセスを示す。リセスの欄の括弧書き内の数字はリセスの深さを表し、△が付された数字はエッチング後のリセスの増加量を表す。50%オーバーエッチングしてもリセスの増加量は 1 nm 未満であった。このリセスの値は半導体デバイス上許容される値よりもかなり低かった。50%オーバーエッチングによりフットイングもなくなった。

[0075] 図 1 3 は R F バイアスを 15 W から 25 W に変化したときのリセスの観察結果を示す。R F バイアスを 15 W にすると、リセスは小さいもののフットイングが生じた。R F バイアスを 25 W にすると、フットイングが無くなった。フットイングをなくすためには R F バイアスを 20 W 以上にする必要があった。

実施例 2

[0076] ポリシリコン又はシリコン窒化膜を被覆したブランケットウェハを用意し、R L S Aエッチング装置を用いて各種の条件でエッチングした。エッチングの処理条件は下記の表4のとおりである。

[表4]

処理ガス (s c c m)			圧力 (mTorr)	マイクロ波 パワー (W)	R F パイ アス (W)
A r 200~ 2000	C H ₂ F ₂	O ₂	40	変化	変化
	45	変化			

[0077] そして、光学干渉法を用いてこれらのエッチングレートを測定し、エッチングレートのO₂流量、マイクロ波パワー、R Fパワーの依存性を調べた。またX P Sを用いてブランケットウェハの表面を解析した。

[0078] 図14 (a) はエッチングレートのO₂流量依存性を示す。O₂流量を20 s c c m以上に増やすと、シリコンに対するシリコン窒化膜の選択比が急激に増加した。このときのC H₂ F₂ガスに対するO₂ガスの流量比は、20 / 45 = 4 / 9であった。O₂流量を30 s c c m以上に増やすと、選択比は40程度の大きな値となった。O₂流量を増やすと、シリコン窒化膜のエッチングレート及びシリコンのエッチングレートが共に低下する。しかし、シリコンのエッチングレートが低下する割合がシリコン窒化膜の割合よりも大きいので、エッチングレートが増加する。一方、図14 (b) に示すように、エッチングレートはマイクロ波パワーの大きさやR Fパワーの大きさには依存しなかった。

[0079] O₂流量を増やすとエッチングレートが増加する原因を調べるために、エッチング後のシリコン基板の表面をX P S分析した。図15にX P S分析の結果を示す。分析の結果、O₂流量を20 s c c m以上に増やしたとき、シリコン基板の表面がS i O₂の膜で被覆されていたことがわかった。つまり、シリコンの表面がS i O₂に酸化されながらシリコン窒化膜のエッチングが行われていたことになる。結合エネルギーには、S i - O > S i - N > S i - S i の関係がある。酸化膜は結合エネルギーが大きく、図16に示すように、エッ

チングしされにくい。シリコンが同士の結合エネルギーが小さいが、酸化することでエッチングしされにくくなり、これが原因で選択比が高くなるものと推測される。

[0080] 従来のエッチング方法において、 O_2 ガスを添加する目的はC F系の堆積物中の炭素(C)を除去することにあつた。このため、 CH_xF_y ガスに対する O_2 ガスの流量比は1/20程度に設定されていた。これに対して、本発明のエッチング方法において、C F系の堆積物を取りきるだけでなく、さらに過剰に O_2 ガスを供給することで、シリコンの表面を酸化させている。

[0081] 図14(a)にも示すように、 O_2 流量を増やすとシリコン窒化膜のエッチングレートが低下する。シリコン窒化膜も酸化されているのではないかと考え、シリコン窒化膜の表面をXPS分析した。その結果、図17(a)に示すように、シリコン窒化膜の表面も酸化されているというデータが得られた。図17(b)に示すように、シリコン窒化膜の表面が酸化されると、シリコン窒化膜のエッチングレートも低下した。しかし、Siを酸化して SiO_2 になるのとは異なり、 $SiON$ になっているので、膜の強さが弱く、酸化してもエッチングされ易いと考えられる。

[0082] 次に、イオンエネルギーとシリコン表面に形成されるシリコン酸化膜の厚さとの関係を調べた。図18に示すように、シリコン基板の表面には O_2 ガスによってシリコン酸化膜が形成される。このシリコン酸化膜はリセスとしてカウントされる。図19に示すように、 V_{pp} が高くなればなるほど、言い換えればイオンエネルギーが高くなればなるほど、酸化膜の厚さが厚くなった。イオンエネルギーを低く抑えればシリコン酸化膜の厚さを薄くできると考えられる。イオンエネルギーはRFバイアス電圧 V_{dc} とプラズマポテンシャルとの和と相関関係がある。図20に示すように、RLSAエッチング装置を用いた場合には、平行平板のエッチング装置を用いた場合に比べて、プラズマポテンシャルを小さくできるので、イオンエネルギーも小さくできる。このため、酸化膜の厚さを薄くできると考えられる。

実施例 3

- [0083] 図21に示すように、プラズマ源としてRLSAを用いたRLSAエッチング装置（出願人のポリエッチャー用RLSAエッチング装置）と平行平板を用いたエッチング装置（出願人のポリエッチャー用平行平板型のエッチング装置）とで、プラズマポテンシャルを比較した。
- [0084] 図21（a）に示すように、RLSAエッチング装置において、マイクロ波電力を増加させても、イオンエネルギーは殆ど変化しなかった。
- [0085] 図21（b）に示すように、RLSAエッチング装置及び平行平板型のエッチング装置においては、いずれも処理容器1内の圧力を上げれば上げるほどイオンエネルギーは低下した。そして、RLSAエッチング装置で発生させたプラズマのイオンエネルギーは平行平板型のエッチング装置よりも小さかった。圧力30mTorrでみたとき、RLSAエッチング装置は7～8 eV以下であるのに対して、平行平板型のエッチング装置は40 eVもあった。イオンエネルギーは電子温度に比例する。RLSAエッチング装置では、低電子温度のプラズマが生成することがわかった。なお、このグラフには、RLSAについて圧力が30mTorr以上のデータが示されていないが、30mTorr以上にしてもイオンエネルギーは減少し続けた。
- [0086] 図21（c）はシリコン基板にRFを印加したときのイオンエネルギーの変化を示す。イオンエネルギーは、プラズマポテンシャルとRFバイアスの和と相関関係がある。RFバイアスを印加しない場合、プラズマポテンシャルだけでエッチングできることになる。RLSA装置では、RFバイアスを印加しないと、7～8 eVの低いイオンエネルギーでエッチングできる。平行平板型のエッチング装置では、RFバイアスを0にしても80 eV程度の高いイオンエネルギーが残る。
- [0087] 処理容器1内の圧力を高圧に設定することでも、図9（b）に示すような等方的なエッチングが可能になる。低圧の場合よりもイオンがサイドウォールスペース48aやシリコン基板41に到達するまでにガス分子に衝突し易くなり、その方向性を失うからである。処理容器1内の圧力を高圧にすると、電子温度も低下する。

[0088] 図22は、サイドウォールスペーサ48aのエッチングレート（縦方向のエッチング速度）及びスリミングレート（幅方向のエッチング速度）を示す。スリミングレートはサイドウォールスペーサ48aの上部と下部の二か所で測定されている。エッチングレートが高くなると、サイドウォールスペーサ48aが縦方向にエッチングされ易くなり、スリミングレートが高くなると、サイドウォールスペーサ48aが幅方向にエッチングされ易くなることを示す。

[0089] エッチングの処理条件（処理ガスの流量、圧力、マイクロ波の高周波電力、RFバイアス）は以下の表5のとおりである。

[0090] [表5]

処理ガス (sccm)			圧力 (mTorr)	マイクロ波の高 周波電力 (W)	RF(W)
A r	O ₂	C H ₂ F ₂	変化	2000	0
1000	27	45			

[0091] 図22から圧力が100mTorrから高くなるにしたがって、サイドウォールスペーサ48aの縦方向のエッチングレートが線形に落ちていき、300mTorr以上になるとスリミングレートに近づいた。

[0092] これに対して、サイドウォールスペーサ48aの幅方向のスリミングレートは圧力が高くなっても殆ど変化しなかった。サイドウォールスペーサ48aの下部のスリミングレートは圧力にかかわらずほぼ一定の値になり、サイドウォールスペーサ48aの上部のスリミングレートは300mTorr以上でほぼ一定になった。

[0093] そして、圧力が300mTorr以上になると、サイドウォールスペーサ48a縦方向のエッチングレートと幅方向のスリミングレートが近くなるので、等方的なエッチングが可能になることがわかる。

[0094] なお、低圧仕様のRLSAでは、圧力を500mTorr以上にするとプラズマが安定しなくなる。このため、圧力は500mTorr以下に設定するのが好ましい。

[0095] 図23は、圧力を変化させたときのシリコン窒化膜、シリコン酸化膜、及びポリシリコンのエッチングレートの変化を示す。使用したガス種、流量、マイクロ波の高周波電力、RFバイアスは表5のとおりである。図中上段が $RF=0$ (W) の場合である。エッチングレートは O_2 の流量に依存性があるため、横軸に O_2 の流量をとっている。

[0096] 図23の上段に示すように、圧力が350mTorr以上の高圧になるとき、 O_2 の流量を最適化することで（具体的には O_2 の流量が17~18 sccm以上で）、シリコン窒化膜のエッチングレートを正の値にすることができる。これに対し、ポリシリコンやシリコン酸化膜のエッチングレートは O_2 の流量によらず、常に0以下の負の値になること、すなわちエッチングされずに堆積膜が形成されることがわかった。すなわち、シリコン酸化膜やポリシリコンに対するシリコン窒化膜のエッチング選択比を無限大にすることができる。したがって、シリコン酸化膜やポリシリコンをエッチングすることなく、シリコン窒化膜のみをエッチングすることができる。また、シリコン窒化膜のエッチングレートは極めて小さい値なので、10nm程度と薄いシリコン窒化膜の厚さ制御も可能になる。特に、シリコン窒化膜をエッチングすることなく、シリコン窒化膜を薄く残す場合に有効である。

[0097] これに対し、圧力が40mTorrのときは、シリコン酸化膜及びポリシリコンのエッチングレートだけでなく、シリコン窒化膜のエッチングレートも負になってしまう（つまり、堆積性の反応が生ずる）。

[0098] 図23の下段は、シリコン基板に50WのRFを印加したときのシリコン窒化膜、シリコン酸化膜、及びポリシリコンのエッチングレートを示す。処理容器1内が40mTorrのとき、図23の上段に示すように、RFバイアスが0のときはシリコン窒化膜がエッチングできない。しかし、図23の下段に示すように、RFバイアスを50W印加するとシリコン窒化膜がエッチングできるようになる。RFバイアスを印加すると、イオンがシリコン窒化膜の表面に留まることなく、シリコン窒化膜の中に入り、シリコン窒化膜と反応すると推定される。

- [0099] これに対し、シリコン酸化膜やポリシリコンのエッチングレートは、RFバイアスを印加しても0に近い。このため、RFバイアスを印加することで、シリコン酸化膜やポリシリコンに対するシリコン窒化膜の選択比を高くできることがわかる。
- [0100] なお、図示されてはいないが、RFバイアスを80Wまで上げて、また圧力を500mTorrまで上げて、同様にシリコン酸化膜やポリシリコンに対してシリコン窒化膜のエッチングレートを高くすることができた。実際にRFを80W以下、圧力を500mTorr以下にしてシリコン窒化膜48をエッチングしたところ、シリコン酸化膜45やポリシリコンからなるゲート電極44に発生するリセスが少なく、サイドウォールスペーサ48aの形状も安定化させることができた。
- [0101] 本明細書は、2010年3月4日出願の特願2010-048450に基づく。この内容はすべてここに含めておく。

符号の説明

- [0102] 1…処理容器
2…誘電体窓
4…RLSA（マイクロ波導入部）
7…シャワーヘッド（処理ガス供給部）
10…載置台
16…バイアス用高周波電源（バイアス印加部）
23…ガス導入管（処理ガス供給部）
29…圧力調整弁
30…真空ポンプ（ガス排気部）
36…制御部
41…シリコン基板（基板）
44…ゲート電極
45…シリコン酸化膜
45a…オフセットスペーサ

48…シリコン窒化膜

49a…スペーサ（サイドウォールスペーサ）

請求の範囲

- [請求項1] 処理容器内に処理ガスを供給しながら前記処理ガスを排気して前記処理容器内の圧力を所定値に設定し、処理ガスに外部エネルギーを供給してプラズマを生成し、前記処理容器内の基板が載置される載置台に印加するバイアスを所定値に設定することによって、シリコン窒化膜をシリコン及び／又はシリコン酸化膜に対して選択的にエッチングするプラズマエッチング方法において、
- 前記処理ガスは、プラズマ励起用ガス、 $\text{C H}_x\text{F}_y$ ガス、並びに O_2 、 CO_2 、 CO の群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含み、
- 前記 $\text{C H}_x\text{F}_y$ ガスに対する前記酸化性ガスの流量比を、前記酸化性ガスとして O_2 又は CO_2 を用いた場合には $4/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして CO を用いた場合には $8/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして O_2 、 CO_2 及び CO の少なくとも二つを混合した混合ガスを用いた場合には O_2 に換算して $4/9$ 以上に設定することを特徴とするプラズマエッチング方法。
- ただし、前記 $\text{C H}_x\text{F}_y$ ガスにおいて x 及び y は1以上の整数。
- [請求項2] 前記外部エネルギーとして、前記処理容器の上部の誘電体窓を介して前記処理容器内にマイクロ波を導入し、
- 前記処理容器内の基板が載置される載置台に基板 1 cm^2 あたり、 $30\text{ W}/(15 \times 15 \times \pi\text{ cm}^2)$ 以下のRF (radio frequency) を印加することを特徴とする請求項1に記載のプラズマエッチング方法。
- [請求項3] 前記処理容器内の圧力を 13.3 Pa 以下 (100 mTorr 以下) に設定することを特徴とする請求項1又は2に記載のプラズマエッチング方法。
- [請求項4] 前記プラズマエッチング方法は、ゲート電極の側壁にシリコン窒化膜からなるスペーサを形成するためのものであることを特徴とする請

求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプラズマエッチング方法。

[請求項5]

処理容器内に処理ガスを供給しながら前記処理ガスを排気して前記処理容器内の圧力を所定値に設定し、処理ガスに外部エネルギーを供給してプラズマを生成し、前記処理容器内の基板が載置される載置台に印加するバイアスを所定値に設定することによって、シリコン窒化膜をシリコン及び／又はシリコン酸化膜に対して選択的にエッチングする半導体デバイスの製造方法において、

前記処理ガスは、プラズマ励起用ガス、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス、並びに O_2 、 CO_2 、 CO の群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含み、

前記酸化性ガスの前記 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスに対する前記酸化性ガスの流量比を、前記酸化性ガスとして O_2 又は CO_2 を用いた場合には $4/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして CO を用いた場合には $8/9$ 以上に設定し、前記酸化性ガスとして O_2 、 CO_2 及び CO の少なくとも二つを混合した混合ガスを用いた場合には O_2 に換算して $4/9$ 以上に設定することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

ただし、前記 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスにおいて x 及び y は1以上の整数。

[請求項6]

シリコン窒化膜をシリコン及び／又はシリコン酸化膜に対して選択的にエッチングするプラズマエッチング装置であって、

内部が減圧可能な処理容器と、前記処理容器の内部に設けられる載置台と、前記処理容器に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理容器内の前記処理ガスを排気するガス排気部と、プラズマを生成するために前記処理ガスに外部エネルギーを供給するエネルギー供給部と、前記載置台にRF (radio frequency) を印加するバイアス印加部と、前記処理ガスの流量、前記処理容器内の圧力、及び前記載置台に印加されるバイアスを制御する制御部と、を備え、

前記処理ガスは、プラズマ励起用ガス、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス、並びに O_2 、 CO_2 、 CO の群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含み

、

前記制御部は、前記酸化性ガスの前記 C_xF_y ガスに対する前記酸化性ガスの流量比を、前記酸化性ガスとして O_2 又は CO_2 を用いた場合には $4/9$ 以上に制御し、前記酸化性ガスとして CO を用いた場合には $8/9$ 以上に制御し、前記酸化性ガスとして O_2 、 CO_2 及び CO の少なくとも二つを混合した混合ガスを用いた場合には O_2 に換算して $4/9$ 以上に制御することを特徴とするプラズマエッチング装置。

ただし、前記 C_xF_y ガスにおいて x 及び y は1以上の整数。

[請求項7]

シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング方法であって、

処理容器内にエッチング処理用の処理ガスを供給しながら前記処理ガスを排気して、前記処理容器内の圧力を 40.0 Pa 以上（ 300 mTorr 以上）の圧力に設定し、

前記処理容器の上部の誘電体窓を介して前記処理容器にマイクロ波を導入して前記処理容器内にプラズマを発生させ、

前記処理容器内の基板が載置される載置台にRF（radio frequency）を印加しないノンバイアスの状態で、前記シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング方法。

[請求項8]

前記処理ガスは、

プラズマ励起用ガス、 C_xF_y ガス、並びに O_2 、 CO_2 、及び CO の群から選ばれる少なくとも一つの酸化性ガスを含むことを特徴とする請求項7に記載のプラズマエッチング方法。

ただし、前記 C_xF_y ガスにおいて x 及び y は1以上の整数。

[請求項9]

前記プラズマエッチング方法は、ゲート電極の側壁のシリコン窒化膜からなるスペーサをエッチングすることを特徴とする請求項7に記載のプラズマエッチング方法。

[請求項10]

シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング装置

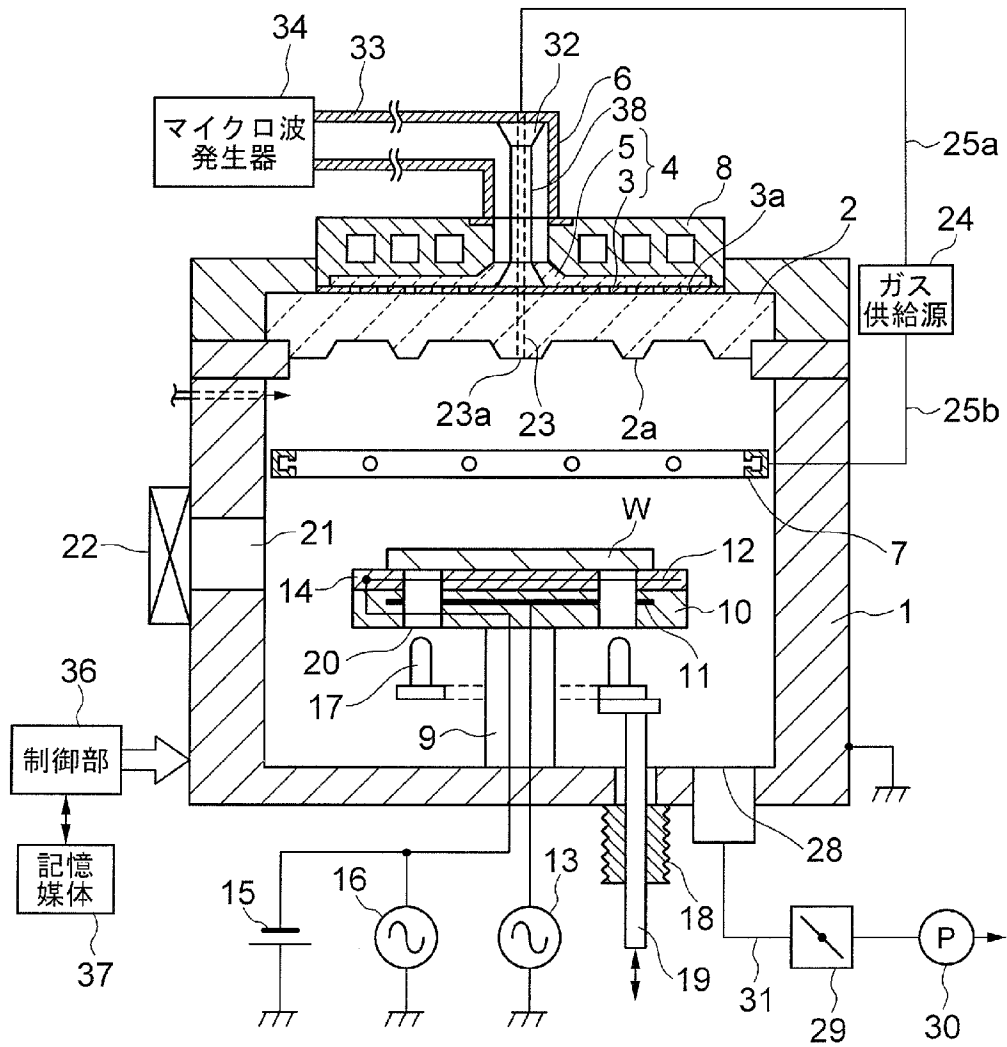
であって、

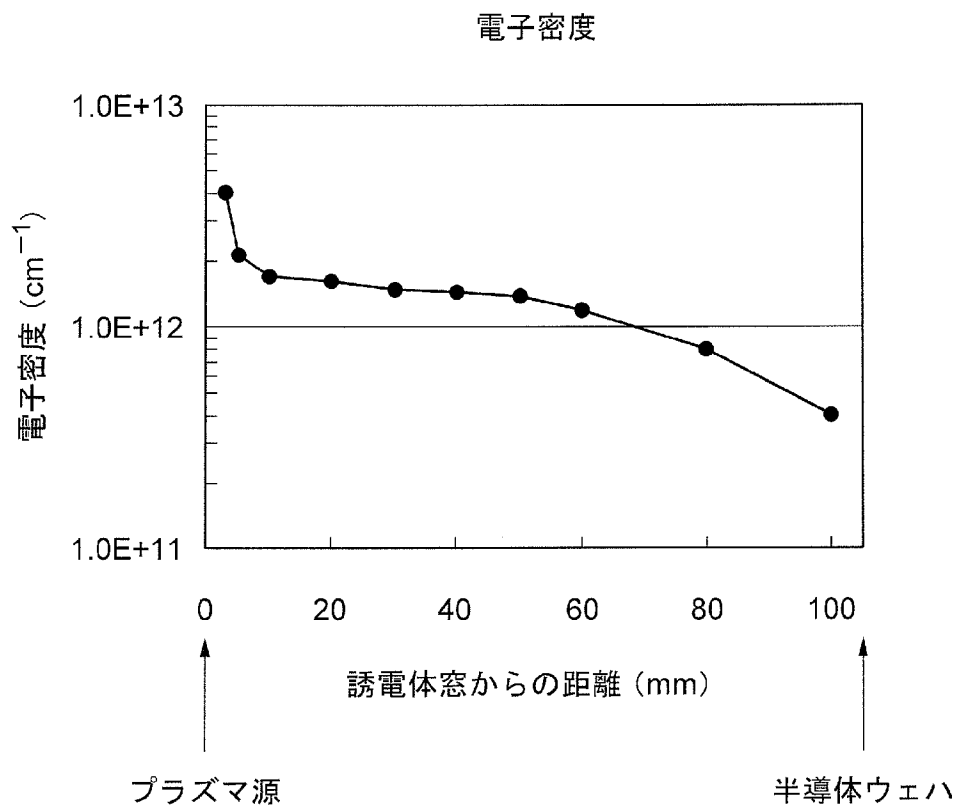
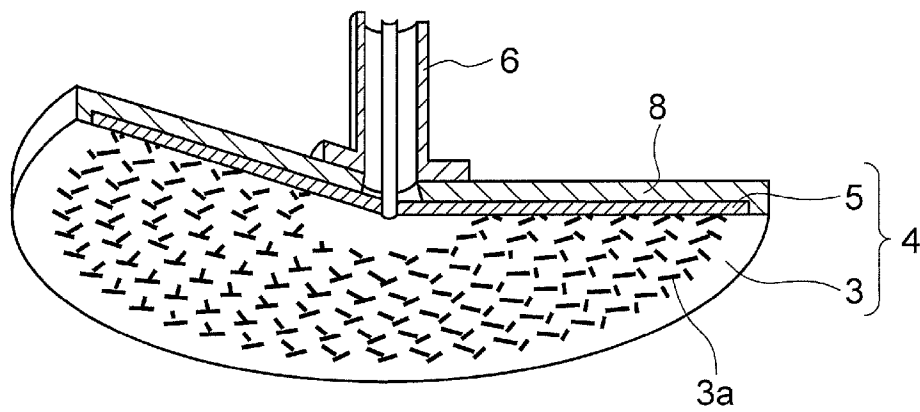
内部が減圧可能な処理容器と、前記処理容器の内部に設けられる載置台と、前記処理容器の上部の誘電体窓を介して前記処理容器にマイクロ波を導入するマイクロ波導入部と、前記処理容器に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理容器内の前記処理ガスを排気するガス排気部と、前記処理容器内の圧力を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記処理容器内の圧力を 40.0 Pa 以上 (300 mTorr 以上) の圧力に制御し、

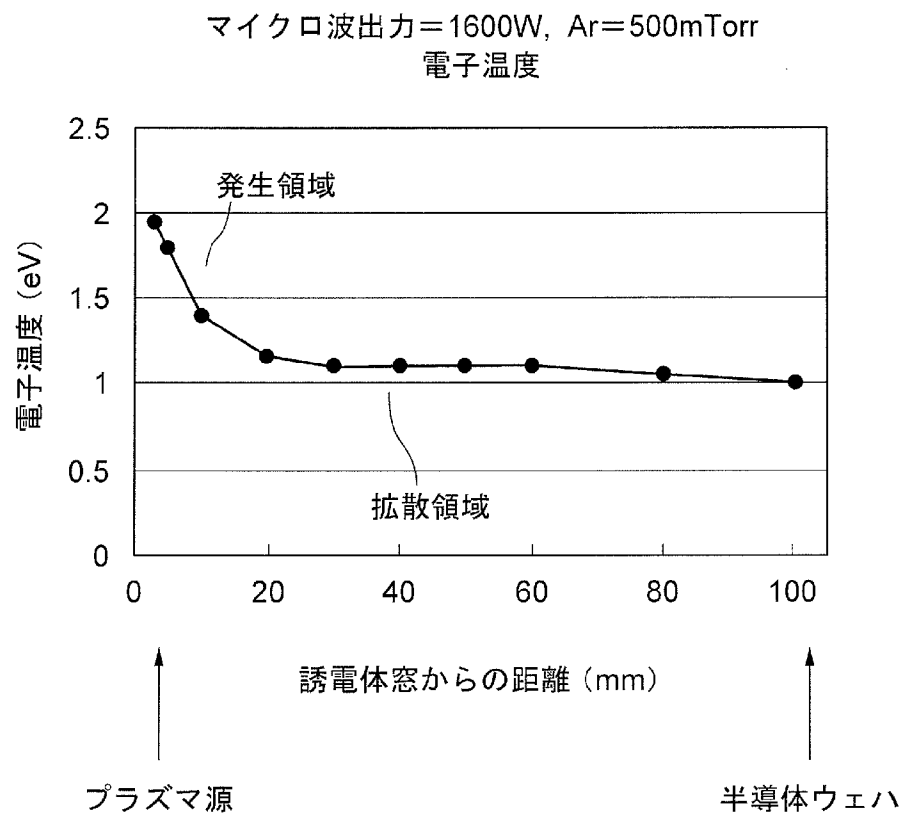
前記処理容器内の基板が載置される載置台に RF (radio frequency) を印加しないノンバイアスの状態で、前記シリコン窒化膜を選択的にエッチングするプラズマエッチング装置。

[図1]

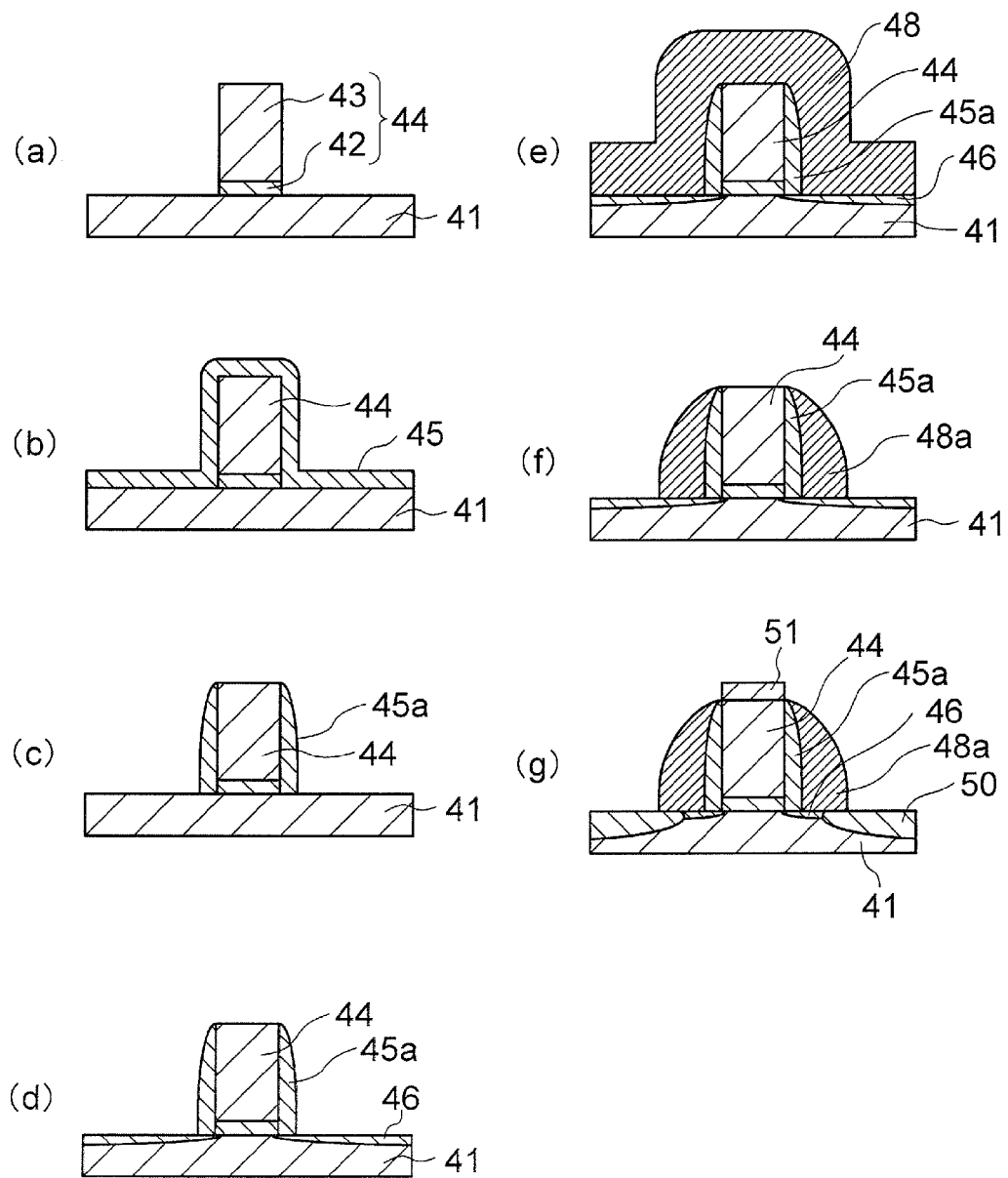




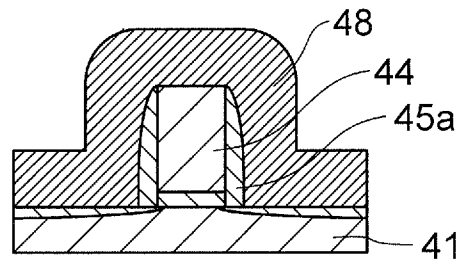
[図4]



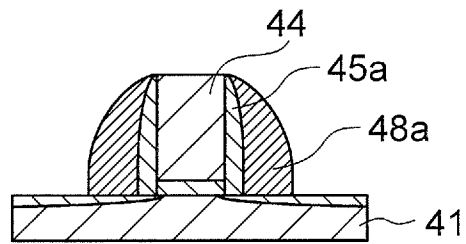
[図5]



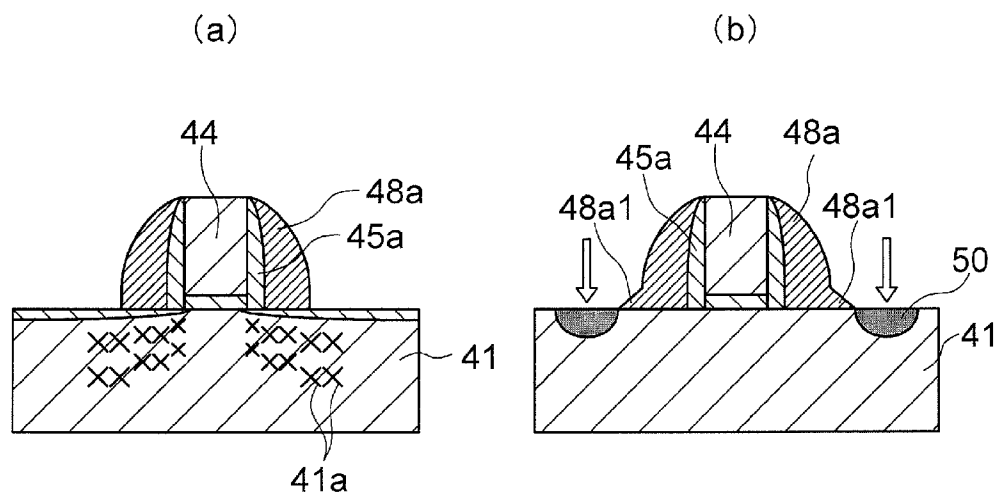
[図6]



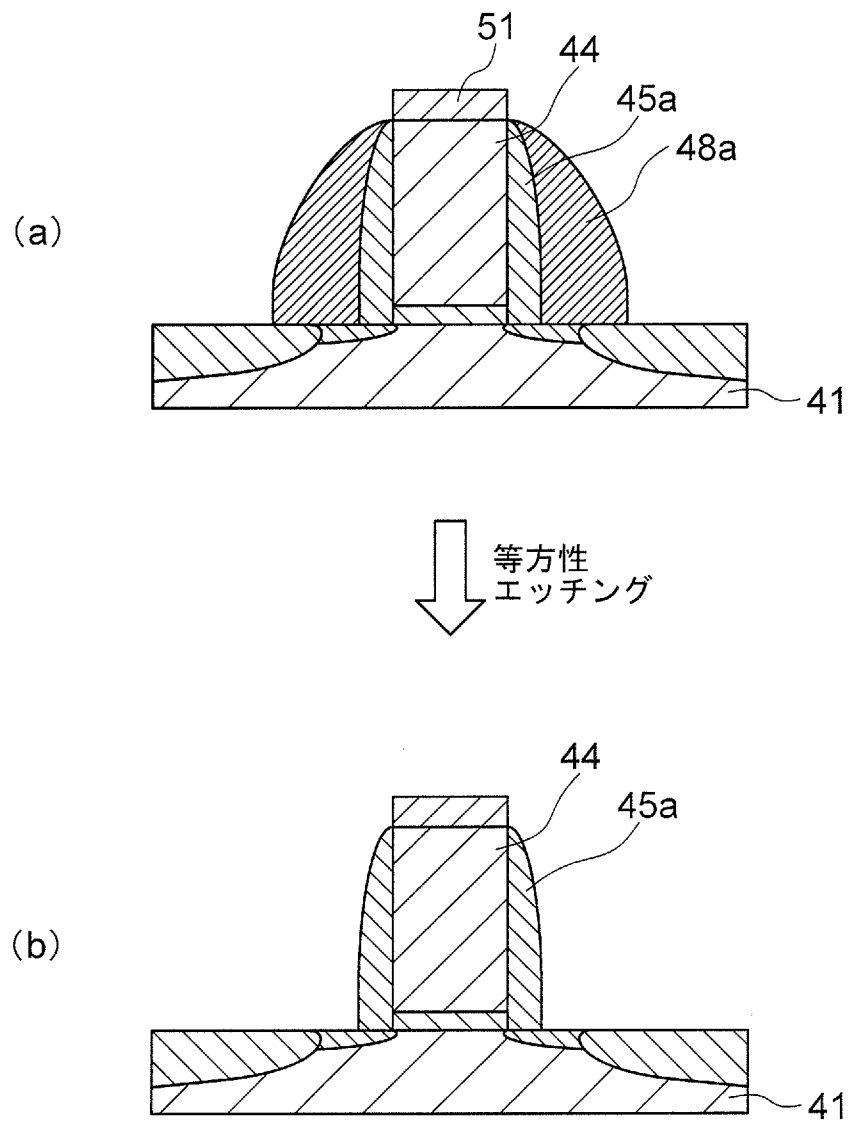
↓ 異方性
エッチング



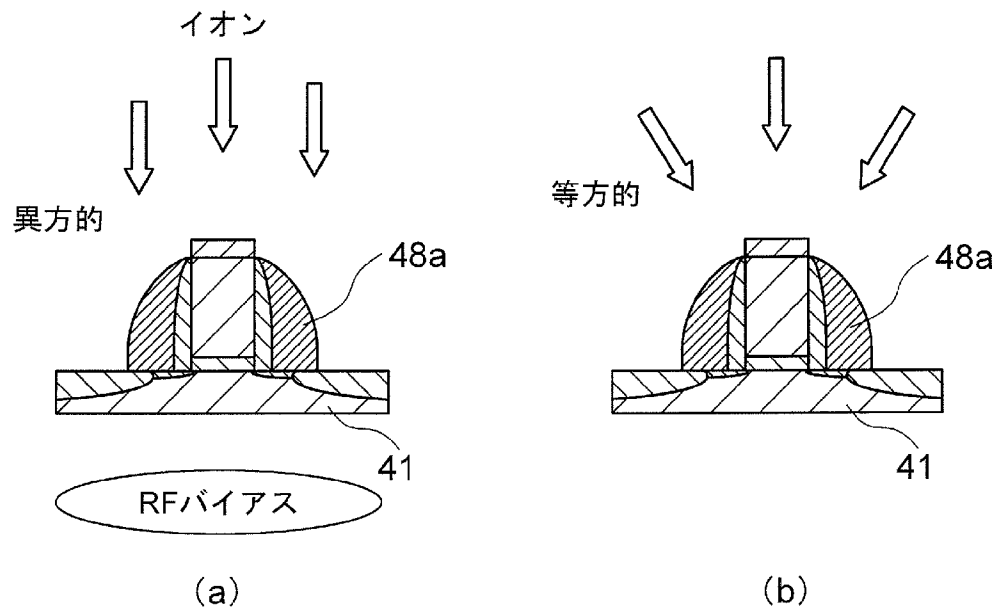
[図7]



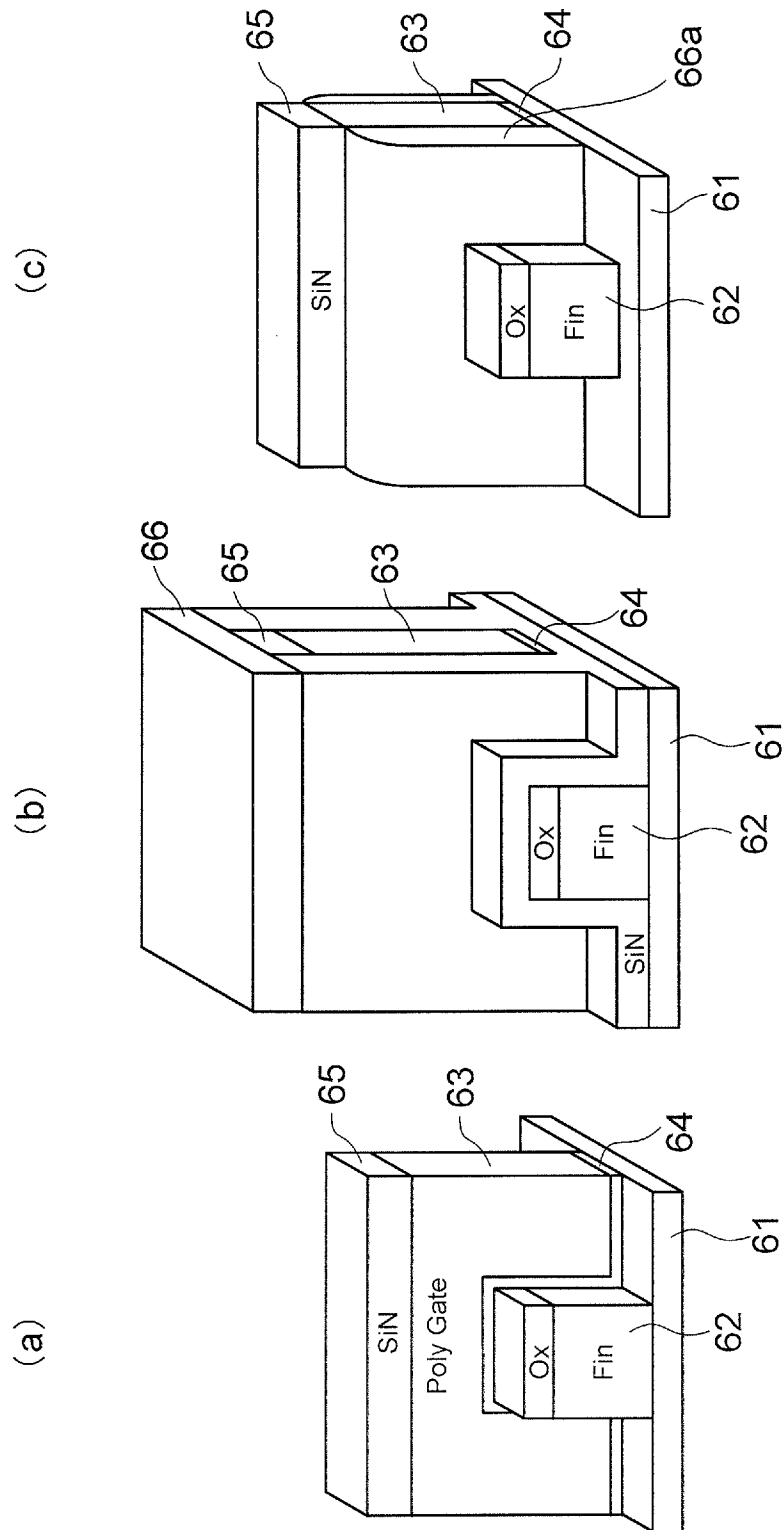
[図8]



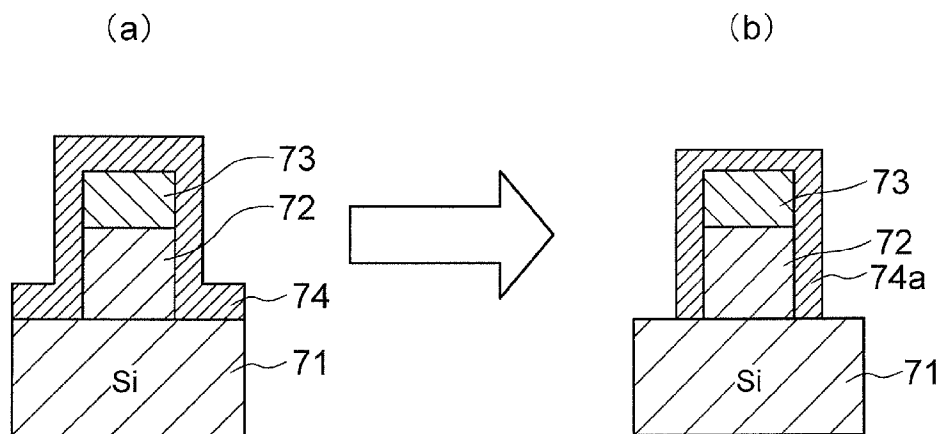
[図9]



[図10]

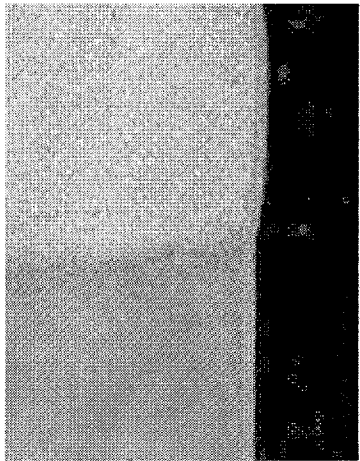
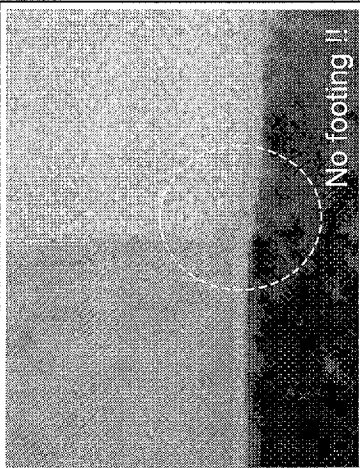


[図11]

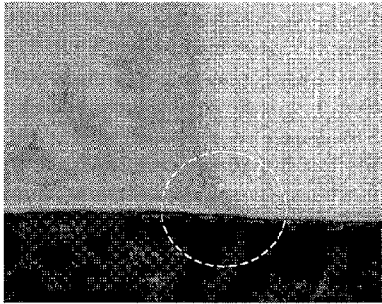
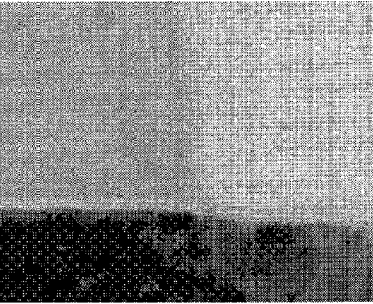


[図12]

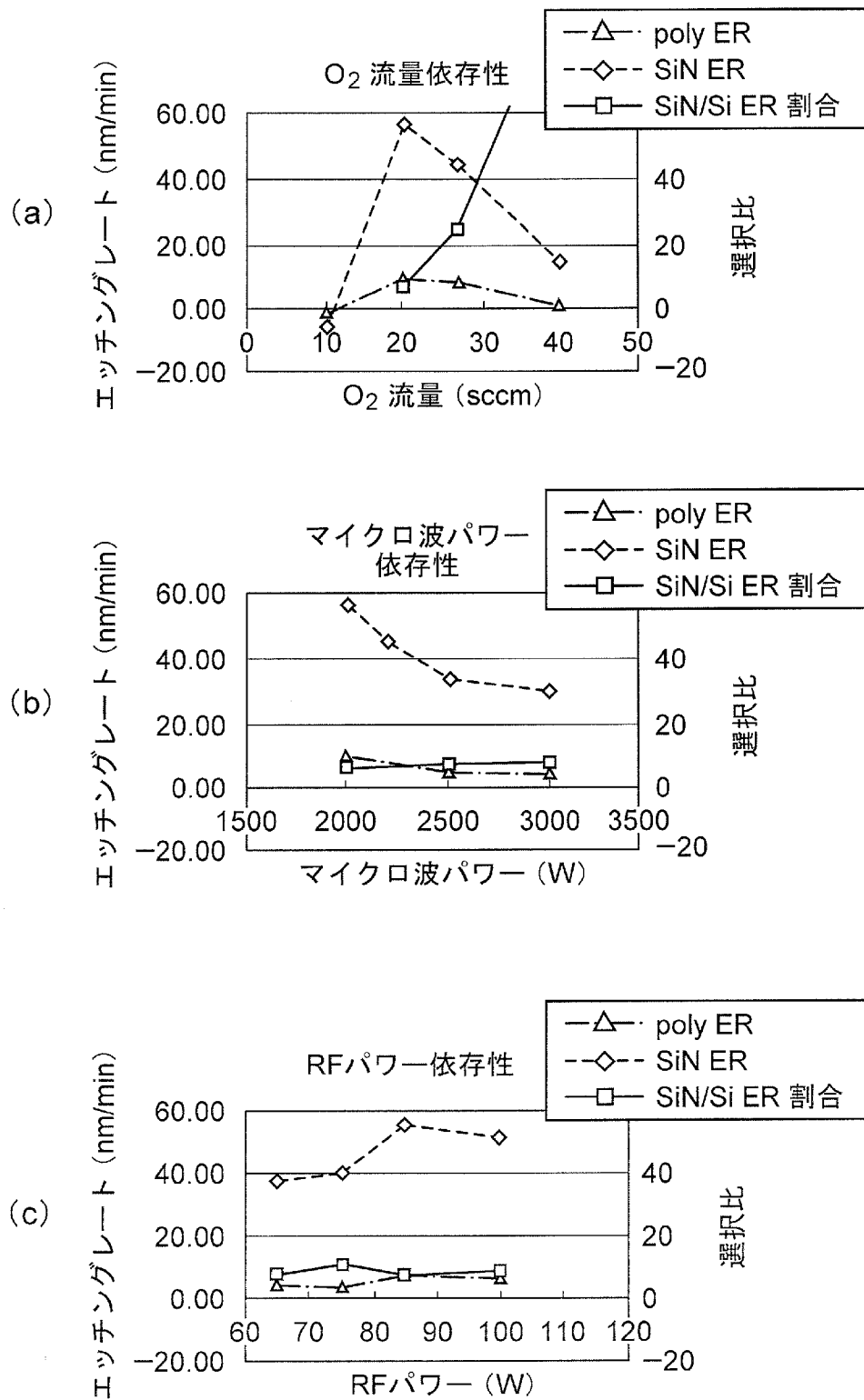
100mT Ar/CHxFy/O₂

	Initial	ME	50% OE
x1000K			
Bottom SiN (nm)	6.0nm	0	0
リセズ	(1.4nm)	$\Delta 0.4\text{nm}(1.8\text{nm})$	$\Delta 0.7\text{nm}(2.1\text{nm})$

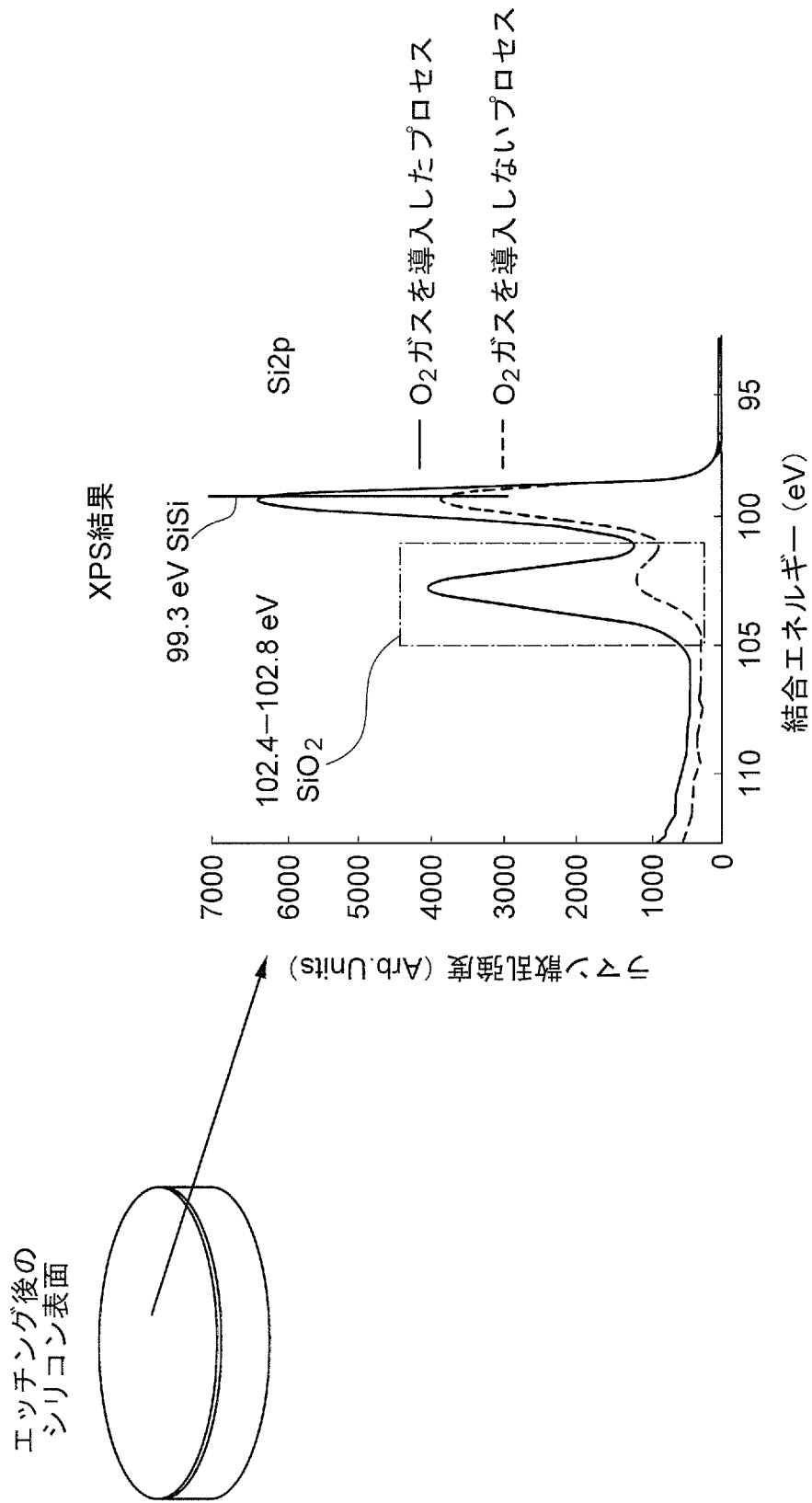
[図13]

13MHz Power	15W	25W
x1000K		
リセス	$\Delta 0.2\text{mm}$	$\Delta 0.7\text{mm}$
形状	フッティング	フッティング無

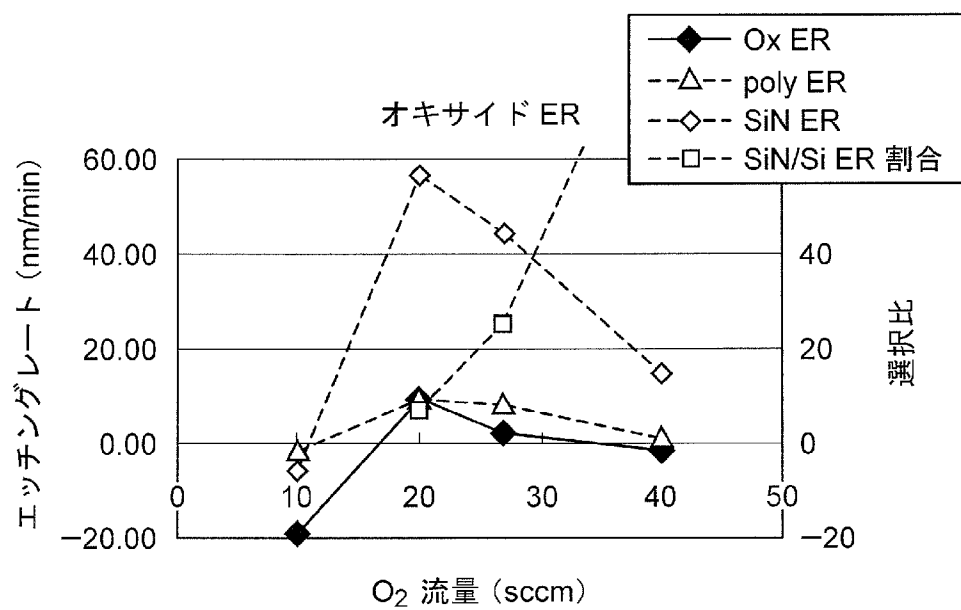
[図14]



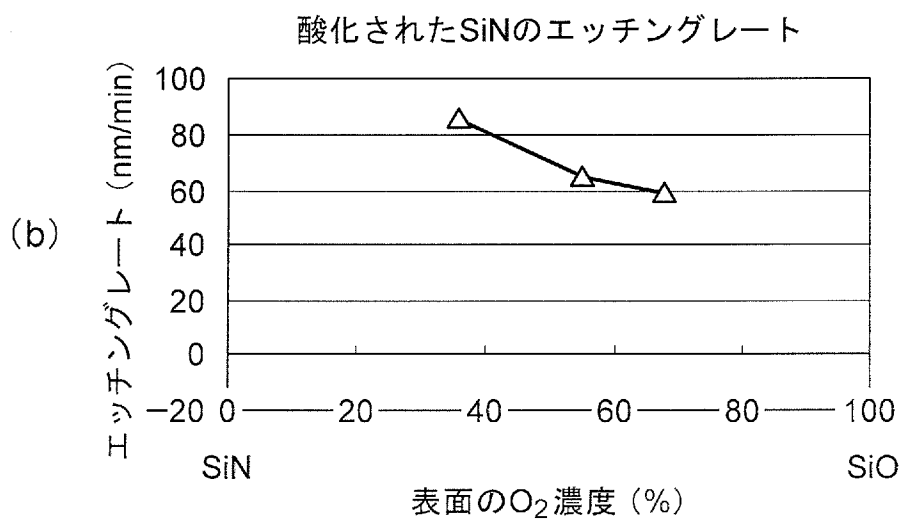
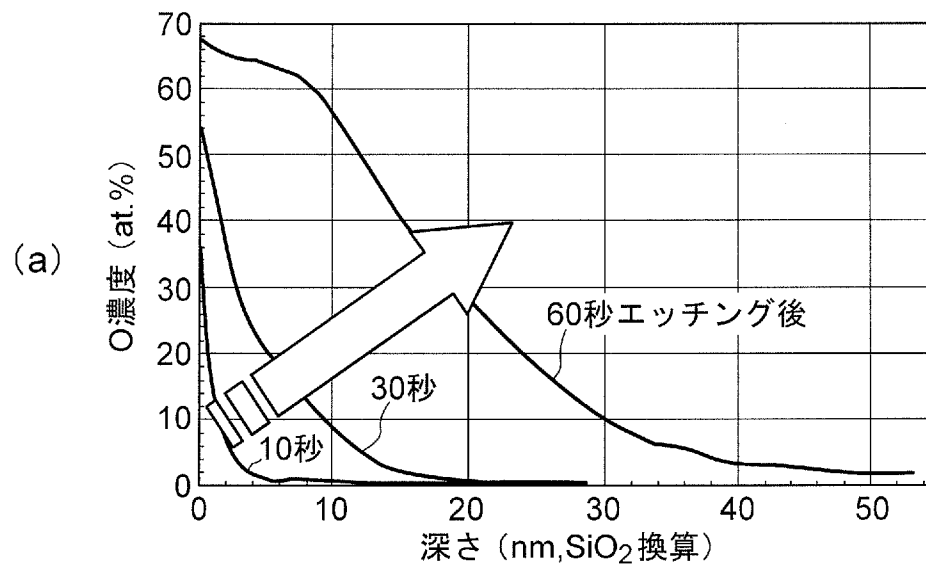
[図15]



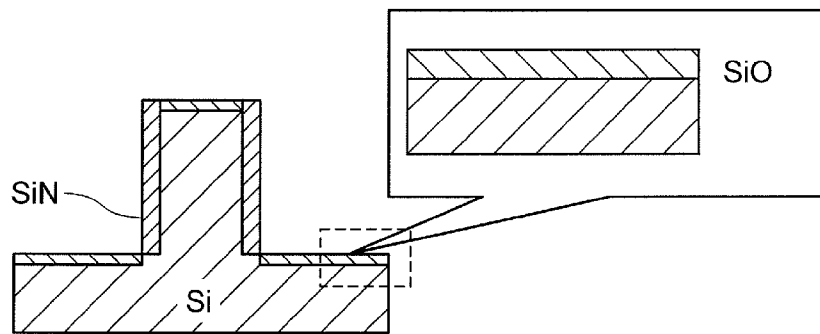
[図16]



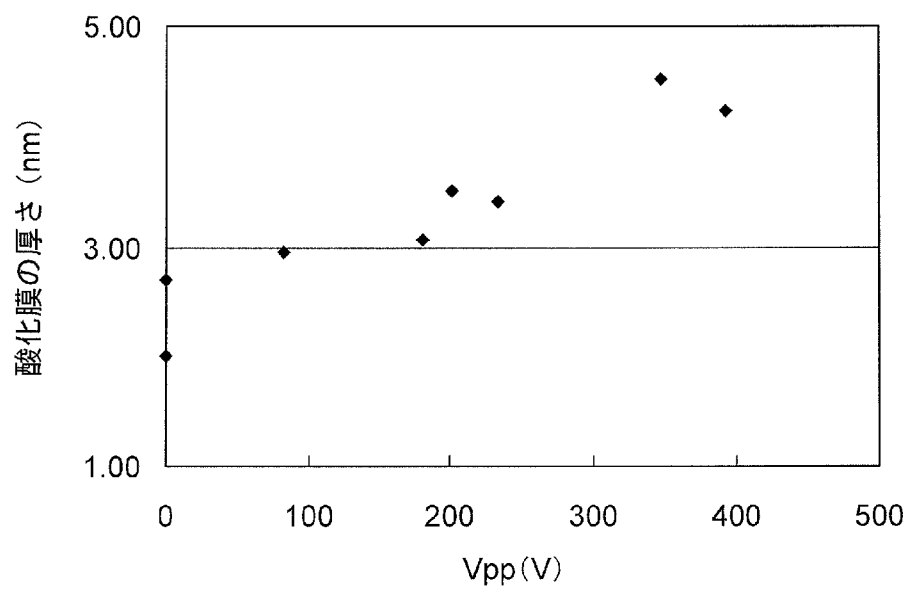
[図17]



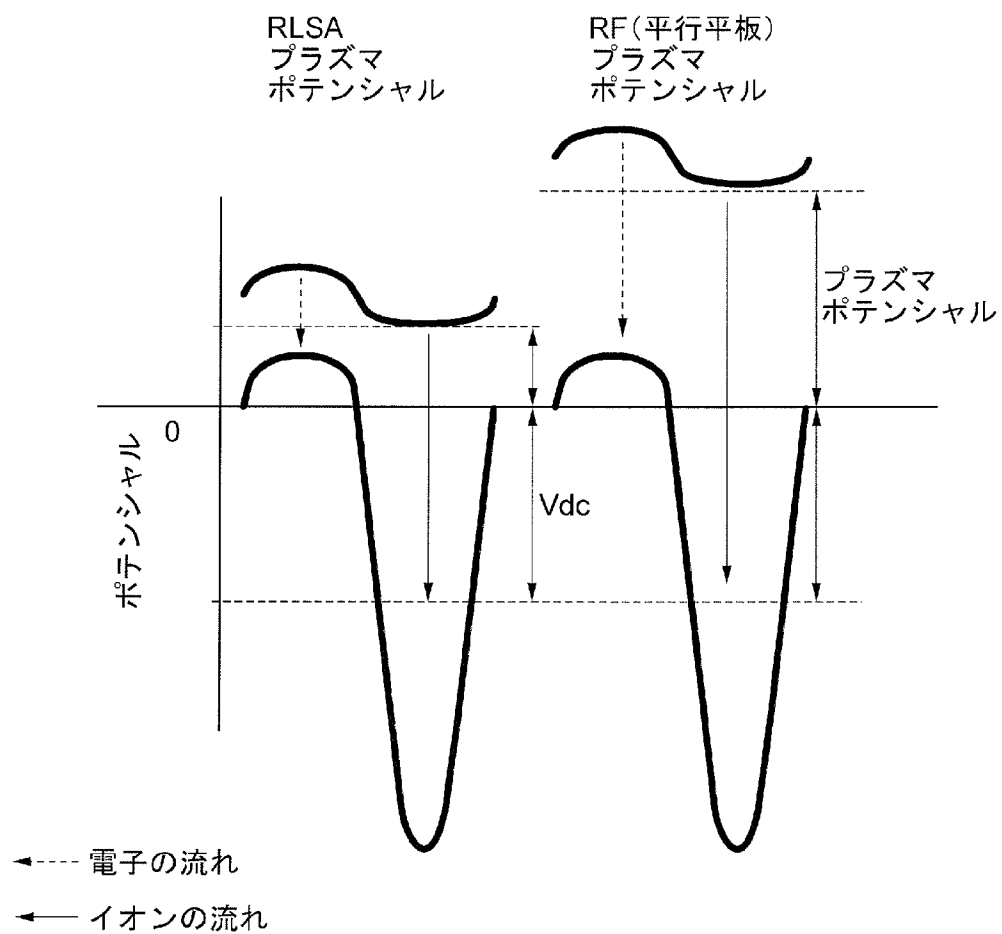
[図18]



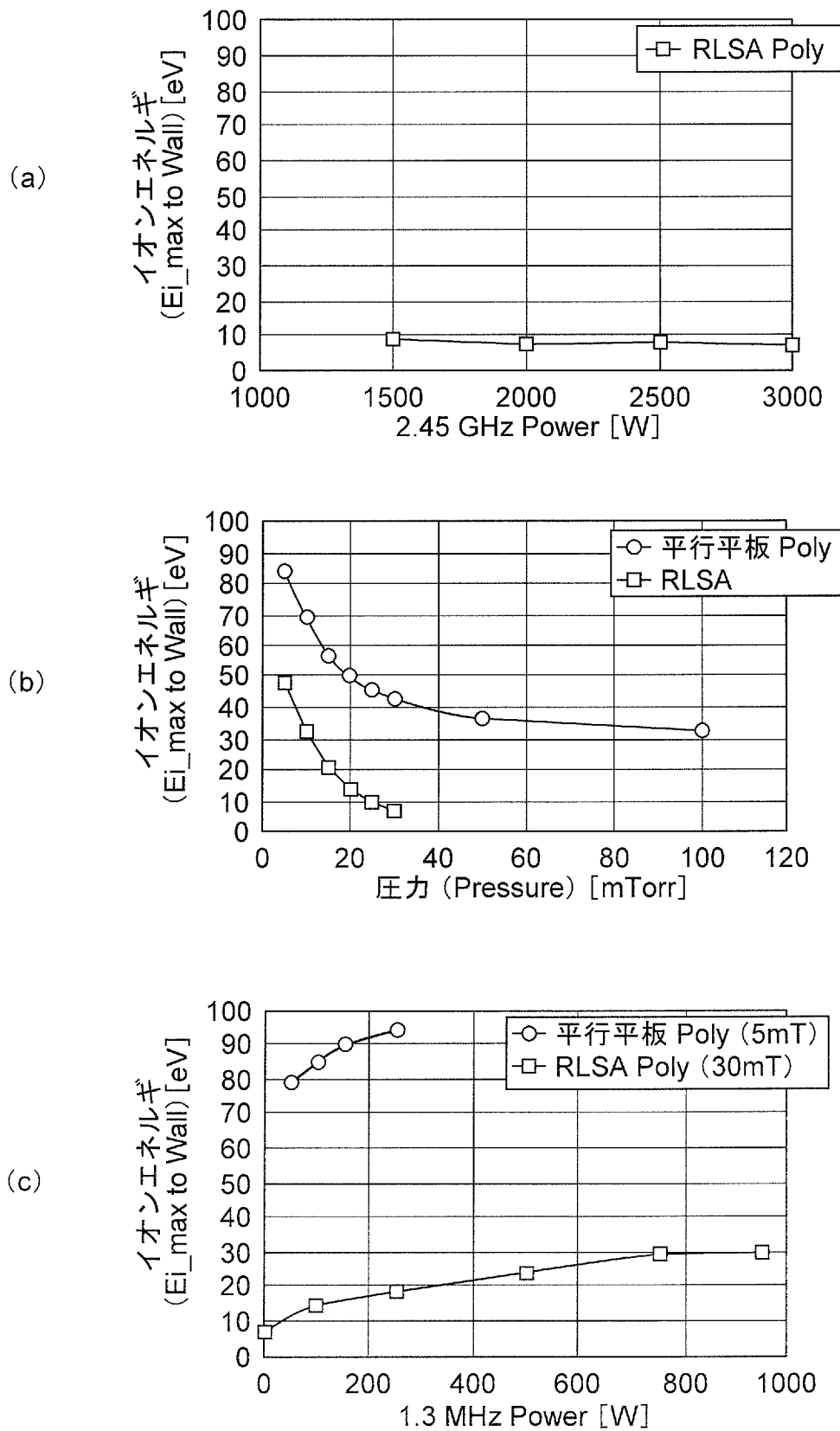
[図19]



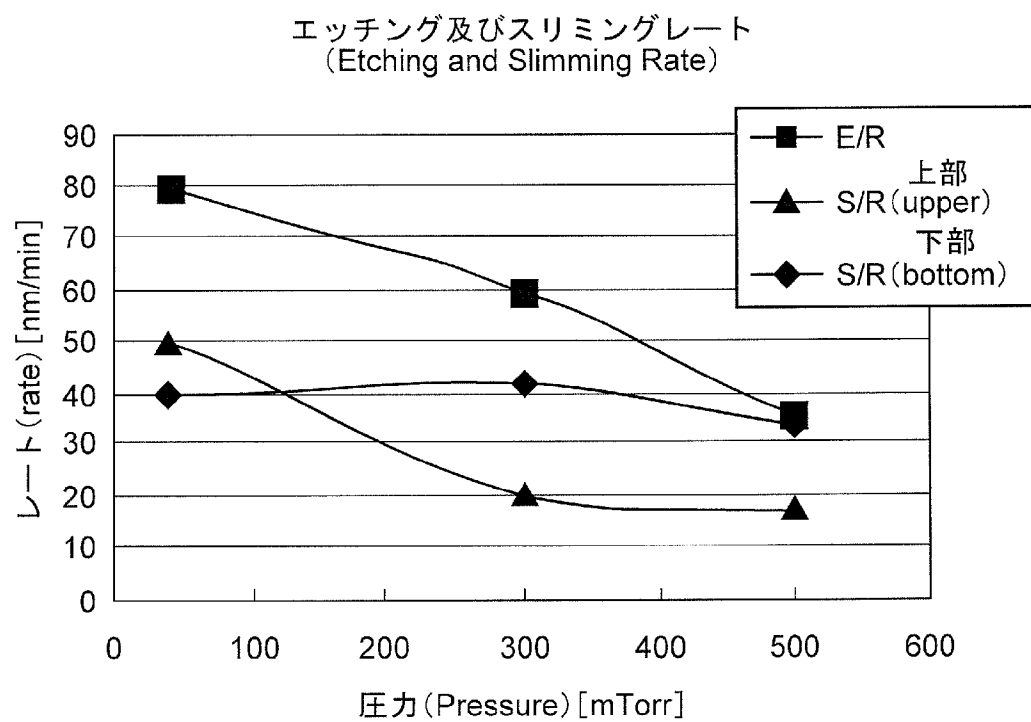
[図20]



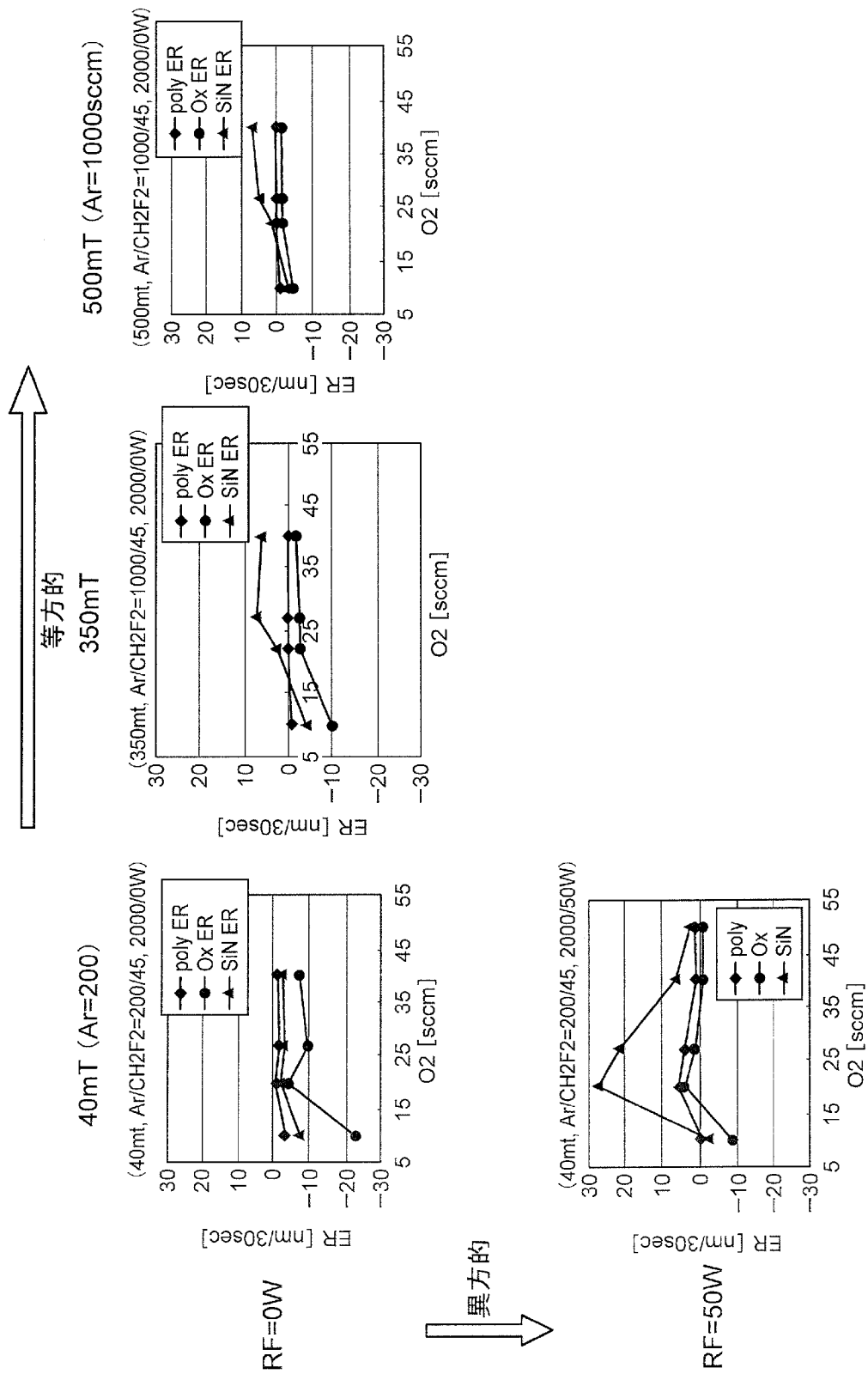
[図21]



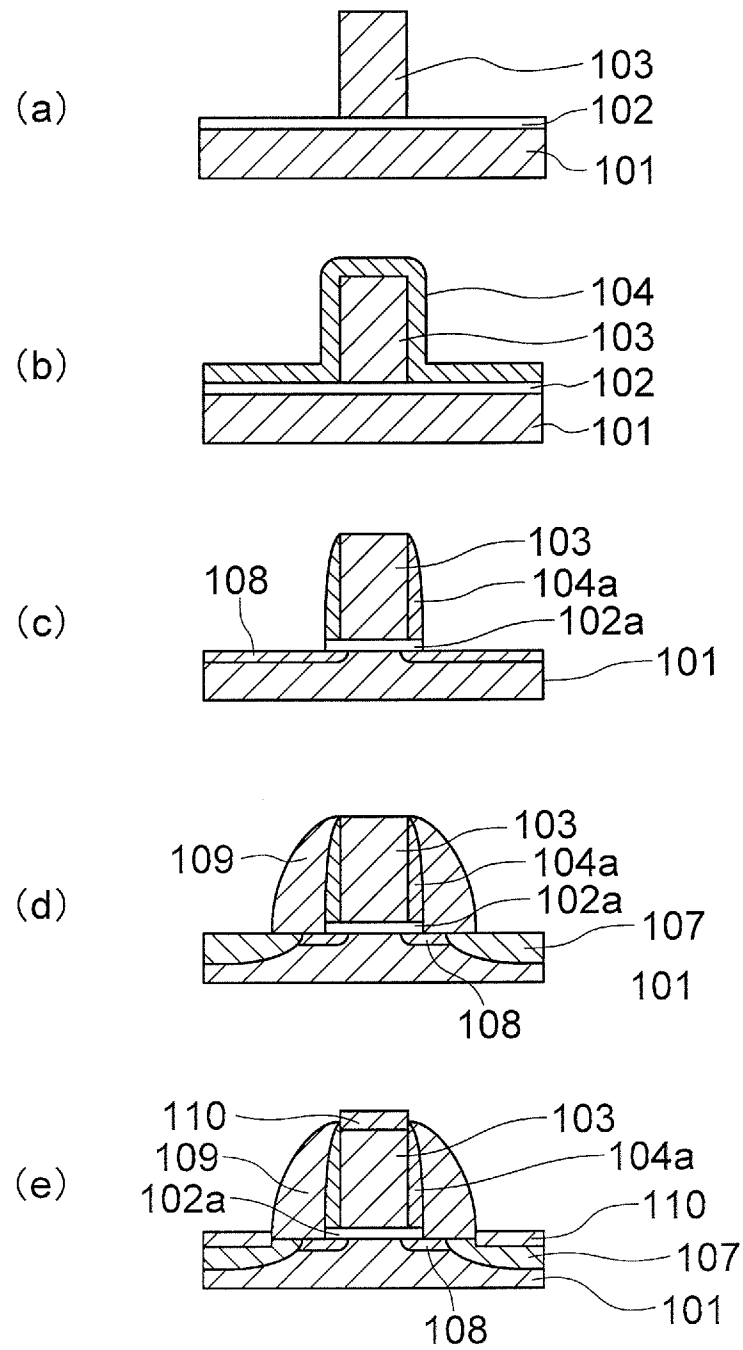
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(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)

H01L21/3065, 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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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>	WO 98/016950 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 23 April 1998 (23.04.1998), entire text; all drawings & JP 3808902 B & US 2002/0084254 A1 & EP 945896 A1 & WO 1998/016950 A1 & KR 10-2000-0049010 A	1-3, 5, 6 <u>4, 8</u>
X <u>Y</u>	JP 11-214355 A (NEC Corp.), 06 August 1999 (06.08.1999), paragraphs [0001], [0017], [0021] & GB 2333268 A & TW 440942 B & CN 1224235 A	1-3, 5, 6 <u>4, 8</u>
X <u>Y</u>	JP 2003-229418 A (Tokyo Electron Ltd.), 15 August 2003 (15.08.2003), paragraphs [0001], [0025] to [0033] & US 2003/0121888 A1	1-3, 5, 6 <u>4, 8</u>

☒ 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
10 May, 2011 (10.05.11)Date of mailing of the international search report
24 May, 2011 (24.05.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054961

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 2008-078209 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 03 April 2008 (03.04.2008), paragraphs [0001], [0008], [0015], [0016], [0023] (Family: none)	4
Y	JP 2006-165030 A (Ulvac, Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), paragraph [0025] (Family: none)	7-10
Y	JP 2009-026795 A (Renesas Technology Corp.), 05 February 2009 (05.02.2009), paragraphs [0028], [0034]; fig. 7 (Family: none)	7-10
Y	JP 2008-243942 A (Renesas Technology Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0060], [0064]; fig. 15, 16 (Family: none)	7-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054961

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054961

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The (prima facie) special technical features of the inventions in claims 1-6 are selection of the kinds of treatment gases to be used to selectively etch a silicon nitride film and the flow volume rate of the treatment gasses.

Furthermore, as stated in claim 4, the purpose of the features is to form a silicon nitride film side wall spacer.

The special technical feature of the inventions in claims 7-10 is setting of conditions for applying pressure and bias power so as to isotropically etch a silicon nitride film.

Furthermore, as stated in claim 9, the purpose of the feature is to remove the silicon nitride film side wall spacer.

Consequently, there is no relationship involving one or more of the same or corresponding special technical features between the group of inventions in claims 1-6 and the group of inventions in claims 7-10.

Furthermore, since the invention in claim 1 has been disclosed in documents 1-3, the invention in claim 1 is not novel, and does not have a special technical feature.

Thus, this international application has the inventions that are classified into two groups.

Invention group 1: Claims 1-6

Invention group 2: Claims 7-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L21/3065(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. H01L21/3065, 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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
X	WO 98/016950 A1（東京エレクトロン株式会社）1998.04.23, 全文全図 & JP 3808902 B & US 2002/0084254 A1	1-3, 5, 6
<u>Y</u>	& EP 945896 A1 & WO 1998/016950 A1 & KR 10-2000-0049010 A	<u>4, 8</u>
X	JP 11-214355 A（日本電気株式会社）1999.08.06, 段落【0001】、【0017】、【0021】	1, 3, 5, 6
<u>Y</u>	& GB 2333268 A & TW 440942 B & CN 1224235 A	<u>4, 8</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
1 0 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日
2 4 . 0 5 . 2 0 1 1

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 R	3 3 3 9
長谷部 智寿		
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
X	JP 2003-229418 A (東京エレクトロン株式会社) 2003. 08. 15, 段落【0001】、【0025】－【0033】	1, 3, 5, 6
<u>Y</u>	& US 2003/0121888 A1	<u>4, 8</u>
Y	JP 2008-078209 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2008. 04. 03, 段落【0001】、【0008】、【0015】、【0016】、 【0023】 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2006-165030 A (株式会社アルバック) 2006. 06. 22, 段落【0025】 (ファミリーなし)	7-10
Y	JP 2009-026795 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2009. 02. 05, 段落【0028】、【0034】、第7図 (ファミリーなし)	7-10
Y	JP 2008-243942 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2008. 10. 09, 段落【0060】、【0064】、第15、16図 (ファミリーなし)	7-10

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項 1－6 に係る発明の（一応の）特別な技術的特徴は、シリコン窒化膜を選択的にエッチングするための処理ガスの種類の選択及び流量比である。
しかも、請求項 4 にあるようにシリコン窒化膜サイドウォールスペーサの形成を目的とするものである。

請求項 7－10 に係る発明の特別な技術的特徴は、シリコン窒化膜を等方的にエッチングするための圧力およびバイアス電力の印加条件の設定である。
しかも、請求項 9 にあるようにシリコン窒化膜サイドウォールスペーサの除去を目的とするものである。

そうすると、請求項 1－6 に係る発明と請求項 7－10 に係る発明の間に、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む関係はないものと認められる。

さらに、請求項 1 に係る発明は、文献 1－3 に記載されており、新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。

以上のとおり、この国際出願には、2 つに区分される発明が存するものと認められる。

（発明 1）請求項 1－6

（発明 2）請求項 7－10