

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年8月7日 (07.08.2003)

PCT

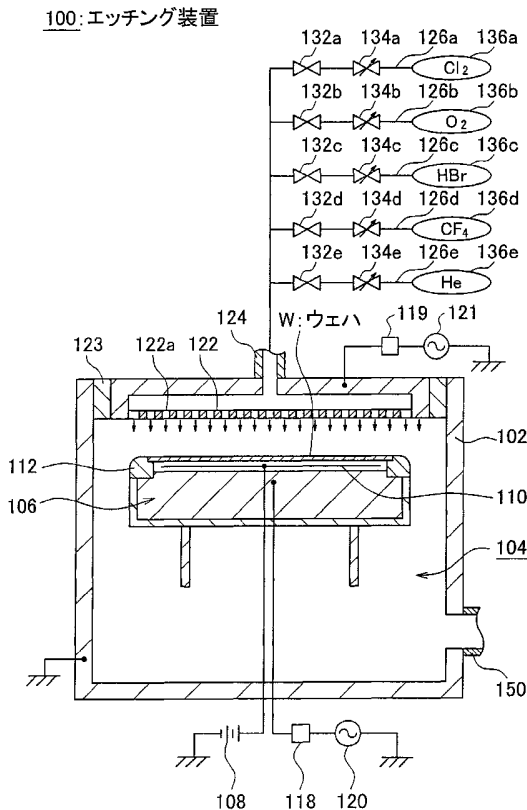
(10) 国際公開番号
WO 03/065435 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/3065 [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/00998
- (22) 国際出願日: 2003年1月31日 (31.01.2003)
- (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2002-26015 2002年2月1日 (01.02.2002) 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)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山下朝夫 (YAMASHITA, Asao) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP). 樋口文彦 (HIGUCHI, Fumi-hiko) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP). 榎本隆 (ENOMOTO, Takashi) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP).

[続葉有]

(54) Title: ETCHING METHOD

(54) 発明の名称: エッチング方法



100...ETCHING SYSTEM
W...WAFER

(57) Abstract: A method for plasma etching a polysilicon film on a gate oxide film formed on a silicon substrate by introducing processing gas into an airtight processing chamber comprising a main etching step for etching the polysilicon film in the depth direction of an opening made in a mask pattern serving as a mask by applying a high-frequency power to the upper and lower electrodes, and an overetching step for removing the residual part of the polysilicon film following the main etching step, wherein the polysilicon film is etched until a part of the gate oxide film is exposed by lowering the high-frequency power being applied to the upper electrode down to a specified level or below in the middle of the main etching step. Anisotropy in the profile can be improved while enhancing the selection ratio of etching and total etching rate can be prevented from lowering.

[続葉有]



WO 03/065435 A1



(74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒160-0004 東京都 新宿区 四谷3-1-3 第一富澤ビルはづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

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。

(57) 要約:

気密な処理室内に処理ガスを導入しシリコン基板に形成されたゲート酸化膜上のポリシリコン膜層に対してプラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、上部電極と下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとしてこのマスクパターンの開口部の深さ方向へポリシリコン膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、メインエッチング工程の後ポリシリコン膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを行う場合、上記メインエッチング工程の途中から上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げてゲート酸化膜層の一部が露出するまでポリシリコン膜層にエッチング処理を施すようにした。これにより、エッチングの選択比を向上させつつ形状の異方性も向上させることができ、エッチング処理全体としてのエッチングレートの低下も防ぐことができる。

明 細 書

エッチング方法

5 技術分野

本発明は、プラズマ処理によって行うエッチング方法に関する。

背景技術

10

被処理基板上にメモリ、ロジック等のMOS構造などを形成する際、シリコン酸化膜、多結晶シリコン膜等のシリコン系半導体膜層のエッチングが行われる。例えば被処理基板上にゲート電極を加工する場合、被処理基板上に絶縁膜として形成された下地のシリコン酸化膜であるゲート酸化膜に、多結晶シリコン膜であるポリシリコン膜をCVD（化学気相成長法）などにより積層した層構造をエッチングする工程が行われる。

このようなエッチングを行うプラズマ処理装置としては、気密な処理室内に互いに対向する上部電極と下部電極を設けこの両方の電極に高周波電力を印加可能としたプラズマ処理装置がある。

このプラズマ処理装置によってゲート電極を加工する場合に上記層構造に対して酸化膜などのマスクパターンをマスクとしてポリシリコン膜をエッチングする際、処理容器内に Cl_2 、 HBr 、 O_2 等の処理ガスを導入してプラズマ処理を行う。このとき、エッチング

25

レートをもつたため等の目的で上部電極及び下部電極の両方に高周波電力を印加し、下地のゲート酸化膜が露出されるまでエッチングを行った後、残りの部分をオーバーエッチングしていた。

- 5 最近、半導体装置の集積度が飛躍的に向上し、それに伴って被処理基板上に形成される各種素子の更なる微細化も技術的要求項目の一つとして挙げられている。この素子の微細化等のために例えばゲート電極を加工する際にも下地に使用されるゲート酸化膜の膜厚もさらに薄膜化が図られている。

10

- ところが、上述したような従来のプラズマエッチングではエッチング処理全体としての高エッチングレート等を目的としてプラズマ処理装置の処理室内に上部電極と下部電極を設け、両方の電極に高周波電力を印加していたため、多結晶シリコン膜のゲート酸化膜に
15 対する選択比が小さくなり、下地のゲート酸化膜が薄い程、ゲート酸化膜まで抜けてしまうという問題があった。

- 一方、多結晶シリコン膜のゲート酸化膜に対する選択比を増大させるには、プラズマ処理装置の処理室内に下部電極のみを設け、
20 下部電極のみに高周波電力を印加してエッチングを行うことも考えられる。ところが、下部電極のみに高周波電力を印加してエッチングを行ったのではエッチングレートが低下してしまうという問題があった。

- 25 特に、選択比を大きくすると、エッチングによるSiBrなどの反応生成物が多い状態、いわゆるデポリッチの状態になることが多

いため、この反応生成物が堆積してゲートの下部に大きくテーパができ、異方性形状が得られない。このように、被処理基板面に垂直方向のエッチング形状と選択比とはトレードオフの関係にある。

- 5 そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、エッチングの選択比を向上させつつ形状の異方性も向上させること（例えば被処理基板面に垂直なパターン形状を得ること）ができ、エッチング処理全体としてのエッチングレート
- 10 の低下も防止できるエッチング方法を提供することを目的としている。

発明の開示

- 15 上記課題を解決するために、本発明によれば、気密な処理室内に互いに対向する上部電極と下部電極を設け両方の電極に高周波電力を印加可能としたプラズマ処理装置により、前記処理室内に処理ガスを導入し被処理体に形成された絶縁膜層上の被処理膜層に対してプラズマエッチング処理を施すエッチング方法として新規かつ改良された方法が提供される。

20

すなわち、本発明にかかる発明は、前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加し、前記被処理膜層に対してプラズマエッチング処理を施す途中で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下にすることを特徴としている。

25

また、前記被処理膜層は、前記被処理体に形成された絶縁膜層上

にあることが好ましい。また、前記第1のエッチング工程の途中で前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下（直径 200 mm のウェハの場合には約 50 W 以下）にすることが好ましく、 0 W/cm^2 にすることがより好ましい。この場合、前記下部電極に印加する高周波電力は、 0.4 W/cm^2 以下（直径 200 mm のウェハの場合には約 150 W 以下）とすることが好ましい。

また、ある観点から詳細に本願発明の特徴を言えば、前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、前記メインエッチング工程の途中で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施すことを特徴としている。

さらに、前記メインエッチング工程は、前記絶縁膜層が露出しない程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第1のメインエッチング工程と、前記第1のメインエッチング工程の後、前記上部電極に印加する高周波電力を前記第1のメインエッチング工程の場合よりも低い所定電力以下に下げて前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第2のメインエッチング工程とを有することが好ましい。

25

特に、前記第2のメインエッチング工程で前記上部電極に印加す

る高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下にすることが好ましく、 0 W/cm^2 にすることがより好ましい。この場合、前記下部電極に印加する高周波電力は、 0.4 W/cm^2 以下とすることが好ましい。

5

また、別の観点から詳細に本願発明の特徴を言えば、前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層の一部が露出する程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、前記オーバーエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて、残った被処理膜層にエッチング処理を施すことを特徴としている。

10
15

特に、前記オーバーエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下にすることが好ましく、 0 W/cm^2 にすることがより好ましい。この場合、前記下部電極に印加する高周波電力は、 0.4 W/cm^2 以下とすることが好ましい。

20

また、本発明の別の観点にかかる発明は、前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程

25

とを有し、前記メインエッチング工程の途中と前記オーバーエッチング工程とのうちいずれか一方又は両方で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げ、前記被処理膜層にエッチング処理を施すことを特徴としている。

5

また、本発明の別の観点にかかる発明は、前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層が露出しない程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第1のメインエッチング工程と、前記第1のメインエッチング工程の後、前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第2のメインエッチング工程と、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、前記第2のメインエッチング工程からオーバーエッチング工程まで、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げ、前記被処理膜層にエッチング処理を施すことを特徴としている。

特に、前記第2のメインエッチング工程から前記オーバーエッチング工程までにおいて、前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下にすることが好ましく、 0 W/cm^2 にすることがより好ましい。この場合、前記下部電極に印加する高周波電力は、 0.4 W/cm^2 以下とすることが好ましい。

このような発明によれば、メインエッチング工程の途中又はオーバーエッチング工程のいずれか一方又は両方で、上部電極に印加する高周波電力を所定値以下、例えば 0.16 W/cm^2 以下にする

とエッチングによる反応生成物が上部電極に付着し、より好ましくは 0 W/cm^2 にすると、さらに多くの反応生成物が上部電極に付着する。

- 5 また、高周波電力が 0.16 W/cm^2 以下なら上部電極にシース電圧が発生しても極力小さく、また高周波電力が 0 W/cm^2 であれば上部電極にシース電圧は発生しないため、上部電極に付着した反応生成物がウェハ上に降ってくることを極力防止することができる。このため、エッチングによる反応生成物がウェハ上に極力堆積しない状態（デポレスの状態）にすることができる。
- 10

このため、ゲート酸化膜層などの絶縁膜層に対するポリシリコン膜層などの被処理膜層の選択比（絶縁膜層のエッチングレートに対する被処理膜のエッチングレート又は絶縁膜層のエッチング速度に対する被処理膜のエッチング速度）を高くしつつ、しかもエッチングによる反応生成物がウェハ上に極力堆積しない状態にすること（例えば被処理基板面に垂直なパターン形状を得ること）ができる。

15 このため、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にすることができる。従って、選択性を向上させつつ、形状の異方性も向上させることができる。また、第1のメインエッチング工程において絶縁膜層が露出しない程度までは上部電極と下部電極の両方に高周波電力を印加したエッチング処理を施すため、エッチング処理全体としてのエッチングレートの低下も防ぐことができる。

20

25

なお、本明細書中 1 m Torr は $(10^{-3} \times 101325 / 76$

0) Pa, 1 s c c mは $(10^{-6}/60) \text{ m}^3/\text{sec}$ とする。

図面の簡単な説明

5 図1は本発明の第1の実施の形態におけるエッチング方法を適用可能なエッチング装置の概略構成図。

図2は同実施の形態におけるエッチング方法の工程を説明するための模式図。

10

図3は同実施の形態におけるエッチング方法の工程を説明するための模式図。

15 図4は同実施の形態における第1のメインエッチング終点を検出する検出手段の構成例を説明する図。

図5は同実施の形態におけるポリシリコン膜をエッチングする際の作用説明図。

20 図6は干渉光の発光強度とエッチング時間との関係を示す図。

図7は第2のメインエッチングの工程において上部電極に300Wの高周波電力を印加して各エッチング処理を行った場合の実験結果を示す図。

25

図8は第2のメインエッチングの工程において上部電極に高周波

電力を印加しないで各エッチング処理を行った場合の実験結果を示す図。

図 9 は本発明の第 2 の実施の形態におけるエッチング方法の工程 5 を説明するための模式図。

図 10 は同実施の形態におけるエッチング方法の工程を説明するための模式図。

10 図 11 は同実施の形態におけるエッチング方法の工程を説明する模式図。

図 12 はオーバーエッチング工程において上部電極に高周波電力を印加しないで各エッチング処理を行った場合の実験結果を示す図。

15

図 13 は本発明の第 3 の実施の形態にかかる第 1 のメインエッチング工程の途中から上部電極に高周波電力を印加しないでオーバーエッチング工程まで行った場合の実験結果を示す図。

20

発明を実施するための最良の形態

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる装置の好適な実施 25 の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の

符号を付することにより重複説明を省略する。

図 1 は本実施の形態にかかるエッチング方法を実施するためのエッチング装置の一例としての平行平板型のプラズマエッチング装置
5 の概略構成を示す。

このエッチング装置 100 の保安接地された処理容器 102 内には、処理室 104 が形成されており、この処理室 104 内には、上下動自在なサセプタを構成する下部電極 106 が配置されている。
10 下部電極 106 の上部には、高圧直流電源 108 に接続された静電チャック 110 が設けられており、この静電チャック 110 の上面に被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）W が載置される。さらに、下部電極 106 上に載置されたウェハ W の周囲には、絶縁性のフォーカスリング 112 が配置されている。また、下部電極 106 には、整合器 118 を介して第 2 高周波電源 1
15 20 が接続されている。

また、下部電極 106 の載置面と対向する処理室 104 の天井部には、多数のガス吐出孔 122 a を備えた上部電極 122 が配置さ
20 れている。上部電極 122 と処理容器 102 との間には絶縁体 123 が介装され電氣的に絶縁されている。また、上部電極 122 には、整合器 119 を介してプラズマ生成高周波電力を出力する第 1 高周波電源 121 が接続されている。

25 なお、上記上部電極 122 には第 1 高周波電源 121 から例えば 30MHz 以上、好ましくは 60MHz の第 1 高周波電力が供給さ

れる。また、下部電極 106 には、第 1 高周波電源 120 からの高周波電力の周波数よりも低い周波数、例えば 1 MHz 以上で、30 MHz よりも小さい周波数、好ましくは 13.56 MHz の第 2 高周波電力が供給される。上記各電極 106、122 に印加される高周波電力は例えば 0 W ~ 650 W まで切替えることができるようになっている。

上記ガス吐出孔 122 a には、ガス供給管 124 が接続され、さらにそのガス供給管 124 には、例えば Cl_2 を供給するプロセスガス供給系 126 a と、 O_2 を供給するプロセスガス供給系 126 b、少なくとも H と Br を含むガスさらに具体的には HBr を供給するプロセスガス供給系 126 c、少なくとも C と F を含むガスさらに具体的には CF_4 を供給するプロセスガス供給系 126 d、He を供給するプロセスガス供給系 126 e が接続されている。

15

各プロセスガス供給系 126 a、126 b、126 c、126 d、126 e には、それぞれ開閉バルブ 132 a、132 b、132 c、132 d、132 e と流量調整バルブ 134 a、134 b、134 c、134 d、134 e を介して、 Cl_2 ガス供給源 136 a、 O_2 ガス供給源 136 b、HBr ガス供給源 136 c、 CF_4 ガス供給源 136 d、He ガス供給源 136 e が接続されている。

また、処理容器 102 の下方には、不図示の真空引き機構と連通する排気管 150 が接続されており、その真空引き機構の作動により、処理室 104 内を所定の減圧雰囲気維持することができる。

25

次に、上記エッチング装置を用いて本実施の形態にかかるエッチング方法を適用する工程について図2～図8を参照しながら説明する。先ず、本発明にかかるエッチング方法を適用する膜構造の具体例について図2(a)を参照しながら説明する。

5

この膜構造は次のように形成される。被処理体例えば直径200mmのウェハのシリコン基板200の上面に、絶縁膜としてゲート酸化膜（例えば SiO_2 膜）202を形成する。その後、シリコン基板200の上に全面にわたって多結晶シリコン膜としてポリシリコン膜204を堆積する。その後、フォトリソグラフィなどを用いてパターニングされたフォトレジストマスクからのパターン転写によりポリシリコン膜204上に SiO_2 など酸化膜206のマスクパターンを形成する。

次に、こうして形成された図2(a)に示すような膜構造に対して、上記エッチング装置を用いてエッチング処理を行う。先ず少なくとも CF_4 と O_2 を含む混合ガスを用いてポリシリコン膜204の露出面の自然酸化膜を除去するエッチング処理を行う（BT；ブレイクスルーエッチング工程）。このブレイクスルーエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が10mTorr、上部電極122と下部電極106との間隔140mm、 CF_4 / O_2 のガス流量比（ CF_4 のガス流量/ O_2 のガス流量）は134sccm/26sccmとし、ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は2.5kV、ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、エッジともに3mTorr、処理室104内の設定温度については下部電極を75℃、上部電極を80℃、側壁部を60℃とする。

また、この場合には両電極 106, 122 に高い高周波電力を印加する。例えば上部電極 122 に印加する高周波電力を 650W, 下部電極 106 に印加する高周波電力を 220W とする。これにより、図 2 (b) に示すようにポリシリコン膜 204 の露出面の自然酸化膜が除去される。

次いで、マスクパターンの開口部の深さ方向へポリシリコン膜層 204 にエッチング処理を施すメインエッチング工程を行う。このメインエッチング工程は、さらに第 1 のメインエッチング工程と第 2 のメインエッチング工程に分けられる。

このメインエッチング工程では、先ず少なくとも HBr と O₂ を含む混合ガスを処理ガスとしてマスクパターンの開口部の深さ方向へゲート酸化膜 202 が露出しない程度まで、例えばポリシリコン膜 204 を 85% 程度まで削るエッチング処理を行う (ME1 : 第 1 のメインエッチング工程)。この第 1 のメインエッチング工程では、未だゲート酸化膜が露出しないので主にポリシリコン膜 204 のエッチングレートが高くなるような条件でエッチングを行う。

20

第 1 のメインエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器 102 内の圧力が 20mTorr, 上部電極 122 と下部電極 106 との間隔 140mm, HBr/O₂ のガス流量比 (HBr のガス流量/O₂ のガス流量) は 400sccm/1sccm とし、ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は 2.5kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ, エッジともに 3mTorr, 処理室 10

25

4 内の設定温度については下部電極を 75℃, 上部電極を 80℃, 側壁部を 60℃とする。

また, この場合にも両電極 106, 122 に比較的高い高周波電力を印加する。例えば上部電極 122 に印加する高周波電力を 200W, 下部電極 106 に印加する高周波電力を 100W とする。これにより, 図 2 (c) に示すようにポリシリコン膜 204 のマスクパターンの開口部が 85% 程度エッチングされる。

10 このように, 第 1 のメインエッチング工程の終点を検出するには, 次のような方法がある。例えば 1 つの方法として, 予めダミーウェハを用いてポリシリコン膜 204 を所望の深さ(例えば 85% 程度)までエッチングした時間を検出しておく。そして, 第 1 のメインエッチング工程を上記検出した時間だけ行う。これにより, ポリシリ
15 コン膜 204 を深さ方向へ所望の深さだけエッチングすることができる。

また, 別の方法として, 第 1 のメインエッチング工程の終点をゲート酸化膜 202 の上面(ポリシリコン膜 204 とゲート酸化膜 202 の境界面)からのポリシリコン膜 204 の膜厚で検出するよう
20 にしてもよい。上述した 1 つの方法のようにエッチング時間を決めてエッチングする場合には, ポリシリコン膜 204 の上面から所定の時間エッチングされたところでエッチングを終了することになる。従って, ポリシリコン膜 204 の膜厚に誤差やばらつきがあると,
25 エッチングを終了したときに, ゲート酸化膜 202 の上面からのポリシリコン膜 204 の膜厚が変わってしまうおそれがある。従って,

第1のメインエッチング工程の終点をゲート酸化膜202の上面からの膜厚で検出することができれば、ポリシリコン膜204の膜厚に誤差やばらつきがあっても常にゲート酸化膜202の上面から所定の膜厚のところまでエッチングすることができる。

5

このように、第1のメインエッチング工程の終点をゲート酸化膜202の上面からの膜厚で検出する方法を図4～図6を参照しながら説明する。図4に示すように処理室104の上部電極に筒状の観察部140を設け、この観察部140を介して光源（図示しない）からの光をウェハ上に照射するとともに、反射光の波長の干渉光を例えばポリクロメータ（図示しない）により検出し、この干渉光の変化に基づいて検出する。

より具体的に説明すると、この観察部140は、その上端に石英ガラス等により形成された窓部142が設けられている。また観察部140は、上記窓部142に対向して設けられた集光レンズ144を介して光ファイバ146などにより、光源及びポリクロメータに接続されている。光源としては例えばキセノンランプやタングステンランプなどが用いられる。

20

図4及び図5に示すように光源例えばキセノンランプからの白色光Lを観察部140からウェハ上に向けて照射すると、白色光Lの一部はポリシリコン膜204の表面から反射光L1として反射され、残余の白色光Lはポリシリコン膜204を透過し、ポリシリコン膜204とゲート酸化膜202との境界面から反射光L2として反射される。これらの反射光L1、L2は干渉光となって、観察部14

25

0から光ファイバなどを介してポリクロメータにより検出される。

こうして得られた反射光L1, L2の干渉光は、ポリシリコン膜204がエッチングされるに従って図6に示すように変化する。図6は、横軸にポリシリコン膜204のエッチング時間を取り、縦軸に干渉光の単位時間あたりの発光強度をとったものである。図6に示すように干渉光の上記発光強度は、ポリシリコン膜204の残存膜厚が薄くなるに連れて周期的な変動を繰り返し、ポリシリコン膜204の残存膜厚がなくなるところで最も大きくなり、残存膜厚が完全になくなると一定になる。このように、干渉光の上記発光強度が一定となったところが、ポリシリコン膜204がエッチングされ、ゲート酸化膜202が露出した時点Eである。

従って、第1のメインエッチング工程の終点は、この時点E以前にあるはずである。そこで、予めダミーウェハを用いて、ポリシリコン膜204がゲート酸化膜202の上面から所望の膜厚となる時点の干渉光の反射強度（例えば図6に示す時点Pの反射強度）を検出しておく。そして、干渉光の反射強度をモニタし、検出した反射強度の時点に達したら第1のメインエッチングを終了する。これにより、ポリシリコン膜204は所望の深さ、すなわちゲート酸化膜202の上面から所望の膜厚のところまでエッチングされる。

本実施の形態では、例えばゲート酸化膜202の上面からの厚さが例えば30nm程度のところを第1のメインエッチング工程の終点としている（例えば図6に示す時点P）。この30nmという厚さは、ポリシリコン膜204の厚さ全体から見ると約15%の厚さで

あり、別の言い方をすれば第1のメインエッチング工程の終点はポリシリコン膜204を85%程度エッチングしたところと言える。

5 なお、この方法では、ポリシリコン膜204におけるゲート酸化膜202の上面からの残膜に基づいて第1のメインエッチング工程の終点を検出するので、たとえエッチング前のポリシリコン膜204などの膜厚にばらつきがあっても、ゲート酸化膜202の上面から所定の膜厚のところまでのエッチングを正確に行うことができる。

10 そして、上述したような方法により第1のメインエッチング工程の終点が検出されると第1のメインエッチング工程を終了する。

次に、少なくともHBrとO₂とHeを含む混合ガスを処理ガスとしてゲート酸化膜202が露出するまでポリシリコン膜204のエッチング処理を行う（ME2；第2のメインエッチング工程）。

20 第2のメインエッチング工程では、エッチングが進むに連れてゲート酸化膜202が露出し始めるため、ゲート酸化膜破れを防止するためにゲート酸化膜202に対するポリシリコン膜204の選択比（ゲート酸化膜202のエッチングレートに対するポリシリコン膜204のエッチングレート又はゲート酸化膜202のエッチング速度に対するポリシリコン膜204のエッチング速度）を向上させる必要がある。このため、例えばO₂やHBrの流量比を多くしている。

25

ところが、これらの流量比が多いとエッチングによる反応生成物

が多い状態（デポリッチの状態）になり易い。このような反応生成物が多いとウェハ上に堆積してゲートの下部にテーパが形成されてしまう。このため、ゲートの底部にテーパが形成され、形状の異方性の向上を図ることができない。従って、上記選択比を向上させつつ、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にするためには反応生成物を少なくしてウェハ上に極力堆積しない状態にする必要がある。

そこで、実験を重ねた結果、メインエッチング工程中、すなわち第1の実施の形態の場合には第1のメインエッチングの後に上部電極122に印加する高周波電力を所定電力以下にすることにより、ゲート酸化膜202に対するポリシリコン膜204の選択比（ゲート酸化膜202のエッチングレートに対するポリシリコン膜204のエッチングレート又はゲート酸化膜202のエッチング速度に対するポリシリコン膜204のエッチング速度）を向上させつつ、反応生成物を少なくしてウェハ上に極力堆積しない状態にすることができたことがわかった。

すなわち、上部電極122に印加する高周波電力を所定値以下、例えば直径200mmのウェハにエッチングする場合には約50W（ $0.16\text{W}/\text{cm}^2$ ）以下、より好ましくは0W（ $0\text{W}/\text{cm}^2$ ）にすると、エッチングによる反応生成物が上部電極122に付着する。さらに、高周波電力が50W以下なら上部電極122にシース電圧が発生しても極力小さく、また高周波電力が0Wであれば上部電極122に実効的なシース電圧は発生しないため、上部電極122に付着した反応生成物がウェハ上に降ってくることを極力防止す

ることができる。このため、エッチングによる反応生成物がウェハ上に極力堆積しない状態（デポレスの状態）にすることができる。

このような原理に基づいて第2のメインエッチングを行う。この
5 第2のメインエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が20mTorr, 上部電極122と下部電極106との間隔140mm, HBr/O₂/Heのガス流量比（HBrのガス流量/O₂のガス流量/Heのガス流量）は500sccm/
15 sccm/440sccmとし、ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は2.5kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、
10 エッジともに3mTorr, 処理室104内の設定温度については下部電極を75℃, 上部電極を80℃, 側壁部を60℃とする。

また、下部電極106には上述の第1のメインエッチングと同様
15 に例えば高周波電力100Wを印加する。これに対して上部電極122に印加する高周波電力は、上述の第1のメインエッチングのときよりも低い所定電力に切替えて、上部電極122に印加する高周波電力を一気に低くする。例えばエッチングによる反応生成物がウェハ上に堆積しない程度、具体的には上部電極122に印加する高
20 周波電力を0.16W/cm²以下（直径200mmのウェハにエッチングする場合には約50W以下）にするのが好ましく、0W/cm²とするのがより好ましい。この場合、下部電極106に印加する高周波電力を高くしすぎると、酸化膜破れが生じるおそれがある。このため、下部電極106に印加する高周波電力は0.4W/
25 cm²以下（直径200mmのウェハにエッチングする場合には約150W以下）にすることが好ましい。

これにより、図3(a)に示すように残りのポリシリコン膜204がエッチングされ、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にすることができる。従って、選択性を向上させつつ、形状の異方性も向上させることができる。

なお、このような第2のメインエッチング工程におけるエッチング終点は、例えば上記観察部140へ光源からの光をウェハに向けて照射し、その反射光の干渉光の変化に基づいて検出してもよい。具体的には例えば図6に示すグラフにおいて発光強度が一定となった時点(E)を終点とする。

その他、第2のメインエッチング工程の終点は、処理室104内で励起されたプラズマの発光スペクトルの変化に基づいて検出してもよい。具其他的には処理室104の側壁に例えば石英から成るプラズマ光の検出窓(図示しない)を設け、この検出窓を介して処理室104内の発光スペクトルを、処理室104の外部に設けた終点検出器(図示しない)の光受容部に伝達する。そして、終点検出器では、光受容部で伝達された発光スペクトルの変化に基づいてエッチング処理の終点を検出する。

例えば第2のメインエッチング工程の処理時には、処理室104内にプラズマが励起され、そのプラズマによりウェハWに対して所定のエッチング処理が施される。この際、ウェハWの処理に伴ってプラズマの発光スペクトルが変化する。そこで、第2のメインエッチング工程の終点において予め発光スペクトルがどのように変化す

るかを検出しておき、実際にウェハWを第2のメインエッチングする際にそのような変化が生じたところをエッチング終点として検出する。そして、上述したような方法によりエッチング終点を検出されると第2のメインエッチングを終了する。

5

次に、ポリシリコン膜層204の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程を行う。すなわち、少なくともHBrとO₂を含む混合ガスを処理ガスとして最終的に残った部分（ゲートの底部のテーパ部分など）のポリシリコン膜204を
10 エッチングする（OE；オーバーエッチング工程）。

オーバーエッチング工程を行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が150mTorr、上部電極122と下部電極106との間隔140mm、HBr/O₂のガス流量比（HBrのガス流量/O₂のガス流量）は1000sccm/4sccmとし、
15 ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は2.5kV、ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、エッジともに10mTorr、処理室104内の設定温度については下部電極を75℃、上部電極を80℃、側壁部を60℃とする。

20

この場合には残った部分のポリシリコン膜204のエッチングレートを大きくするため、両電極106、122に高い高周波電力を印加する。例えば上部電極122に印加する高周波電力を650W、下部電極106に印加する高周波電力を200Wとする。なお、この場合には処理容器102内の圧力を例えば150mTorrのよ
25 うに高圧状態にしているので、上部電極122に印加する高周波電

力を650Wのような高圧にしてもプラズマ中のイオンが散乱されるためゲート酸化膜破れが発生することはない。これにより、図3 (b) に示すように最終的に残った部分（ゲートの底部のテーパ部分など）のポリシリコン膜204がエッチングされ、異方性形状のよいゲート電極（例えばゲート酸化膜に対して垂直なパターン形状のゲート電極）が形成される。

なお、このようなゲートを形成する際のポリシリコン膜のエッチングにおいては、例えばゲート酸化膜202が15Å（Å；オングストローム）、ポリシリコン膜204が150nm、マスクとなる酸化膜206が50nmの膜構造においては、エッチングレート1500Å/min以上、面内均一性±3.0%以内、ゲート下部のゲート酸化膜に対する角度が90deg、ゲート酸化膜破れ（オキサイドブレイク）が生じないなどが好ましい条件として要求される。

15 本発明にかかるエッチング処理はこれらの要求を満たすことができる。

ここで、第2のメインエッチング工程において上部電極122に300Wの高周波電力を印加した場合と、第2のメインエッチング工程において上部電極122に高周波電力を印加しないで上記各エッチング処理を行った場合の実験結果を比較する。

図7は、第1、第2のメインエッチング工程において上部電極122に300Wの高周波電力を印加してエッチング処理を行った場合の実験結果を示しており、図7(a)はウェハ上のセンタ部分にゲートを形成した場合、図7(b)はウェハ上のエッジ部分にゲ-

トを形成した場合である。この場合にはウェハ上のセンタ部分，エッジ部分ともに形成されたゲートの底部にテーパ部が残っている。

これに対して図8は、メインエッチング工程において途中で上部
5 電極122の高周波電力を0W、すなわち上部電極122には高周波電力を印加しないで上記各エッチング処理を行った場合の実験結果を示しており、図8(a)はウェハ上のセンタ部分にゲートを形成した場合、図8(b)はウェハ上のエッジ部分にゲートを形成した場合である。この場合にはウェハ上のセンタ部分，エッジ部分と
10 もに形成されたゲートの底部に図7に示すようなテーパ部のない良好な形状に形成される。

このように、第1のメインエッチング工程の後に、上部電極122に印加する高周波電力を、第1のメインエッチング工程よりも低い50W以下、より好ましくは0Wに切替えて一気に低くすることにより、ゲート酸化膜202に対するポリシリコン膜204の選択比（ゲート酸化膜202のエッチングレートに対するポリシリコン膜204のエッチングレート又はゲート酸化膜202のエッチング速度に対するポリシリコン膜204のエッチング速度）が高い状態
20 で、しかもエッチングによる反応生成物がウェハ上に極力堆積しない状態（デポレスの状態）にすることができる。このため、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にすることができる。従って、第1の実施の形態によれば選択性を向上させつつ、形状の異方性も向上させることができる。

25

次に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるエッチング方法

の第2の実施形態について説明する。第1の実施の形態においては
メインエッチング工程の途中から上部電極122に印加する高周波
電力を所定電力に低下させるようにする例を説明したが、第2の実
施の形態においてはオーバーエッチング工程において上部電極12
5 2に印加する高周波電力を所定電力に低下させるようにする例を説
明する。この第2の実施の形態における工程を図9～図12に示す。

先ず、本発明にかかるエッチング方法を適用する膜構造の具体例
について図9(a)を参照しながら説明する。第2の実施の形態に
10 における膜構造は次のように形成される。被処理体例えば直径200
mmのウェハのシリコン基板300の上面に、絶縁膜としてゲート
酸化膜302を形成する。その後、シリコン基板300の上に全面
にわたって多結晶シリコン膜としてポリシリコン膜304を堆積す
る。その後、フォトリソグラフィなどを用いてポリシリコン膜3
15 04上に反射防止膜306を形成し、KrFなどのレジスト膜(P
R)308のマスクパターンを形成する。

次に、こうして形成された図9(a)に示すような膜構造に対し
て、第1の実施の形態において説明したエッチング装置を用いてエ
20 ッチング処理を行う。先ず少なくとも Cl_2 と O_2 を含む混合ガス
を用いてレジスト膜308のマスクパターンに対応して反射防止膜3
06を除去するエッチングを行う(ARC:反射防止膜除去エッチ
ング)。このARCEッチング工程を行う際の条件としては例えば処
理容器102内の圧力が5mTorr, 上部電極122と下部電極
25 106との間隔80mm, Cl_2/O_2 のガス流量比(Cl_2 のガス
流量/ O_2 のガス流量)は10sccm/30sccmとし、ウェ

ハを吸着する静電チャックに印加する電圧は1.5kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ, エッジともに3mTorr, 処理室104内の設定温度については下部電極を70°C, 上部電極を80°C, 側壁部を60°Cとする。また, 上部電極122に印加する高周波電力を300W, 下部電極106に印加する高周波電力を30Wとし, 100sec程度プラズマ処理を行う。これにより, 図9(b)に示すようにレジスト膜308のマスクパターンに対応して反射防止膜306が除去される。

- 10 続いて, この反射防止膜306及びレジスト膜308をマスクとして, 少なくともCF₄とO₂を含む混合ガスを用いてポリシリコン膜304の露出面の自然酸化膜を除去するエッチング処理を行う(BT;ブレイクスルーエッチング工程)。ブレイクスルーエッチング工程を行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が10mTorr, 上部電極122と下部電極106との間隔85mm, 15 CF₄/O₂のガス流量比(CF₄ガスの流量/O₂ガスの流量)は67sccm/13sccmとし, ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は1.5kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ, エッジともに3mTorr, 処理室104内の設定温度については下部電極を70°C, 上部電極を80°C, 側壁部を60°Cとする。また, 20 上部電極122に印加する高周波電力を350W, 下部電極106に印加する高周波電力を75Wとし, 5.0sec程度プラズマ処理を行う。これにより, 図10(a)に示すようにポリシリコン膜304の露出面の自然酸化膜が除去される。

25

次いで, マスクパターンの開口部の深さ方向へポリシリコン膜層

304にエッチング処理を施すメインエッチング工程を行う。すなわち、ここでは先ず少なくともHBrとO₂を含む混合ガスを処理ガスとしてマスクパターンの開口部の深さ方向へゲート酸化膜302が露出しない程度まで、例えばポリシリコン膜304を85%程度まで削るエッチング処理を行う（ME1：第1のメインエッチング工程）。この第1のメインエッチング工程では、未だゲート酸化膜が露出しないので主にポリシリコン膜304のエッチングレートが高くなるような条件でエッチングを行う。

10 第1のメインエッチング工程を行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が50mTorr、上部電極122と下部電極106との間隔100mm、HBr/Cl₂のガス流量比（HBrのガス流量/Cl₂のガス流量）は350sccm/50sccmとし、ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は1.5kV、
15 ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、エッジともに3mTorr、処理室104内の設定温度については下部電極を70℃、上部電極を80℃、側壁部を60℃とする。また、上部電極122に印加する高周波電力を700W、下部電極106に印加する高周波電力を75Wとする。45.0sec程度プラズマ処理を行う。これにより、
20 図10（b）に示すようにポリシリコン膜304のマスクパターンの開口部が85%程度エッチングされる。なお、第1のメインエッチング工程の終点は、第1の実施の形態と同様の方法で検出するようにしてもよい。

25 次に、ポリシリコン膜層304の残存した部分を除去するエッチング処理を施す第2のメインエッチング工程（ME2）を行う。こ

の第2のメインエッチング工程では、先ず少なくともHBrを含む混合ガスを処理ガスとしてゲート酸化膜302が露出するまでポリシリコン膜304のエッチング処理を行う。なお、第2のメインエッチングの終点は第1の実施の形態と同様に検出するようにしてもよい。

第2のメインエッチング工程を行う際の条件としては例えば処理容器102内の圧力が60mTorr、上部電極122と下部電極106との間隔90mm、HBrのガス流量は300sccmとし、
10 ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は1.5kV、ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、エッジともに10mTorr、処理室104内の設定温度については下部電極を70℃、上部電極を80℃、側壁部を60℃とする。この場合には残った部分のポリシリコン膜304のエッチングレートを大きくするため、両電極106、
15 122に高い高周波電力を印加する。例えば上部電極122に印加する高周波電力を150W、下部電極106に印加する高周波電力を20Wとし、25.0sec程度プラズマ処理を行う。これにより、図11(a)に示すようにゲート酸化膜302が露出するまでポリシリコン膜304がエッチングされる。

20

続いて、少なくともHBrとO₂を含む混合ガスを処理ガスとして最終的に残った部分（ゲートの底部のテーパ部分など）のポリシリコン膜304をエッチングする(OE;オーバーエッチング工程)。

25 このオーバーエッチング工程では、ゲート酸化膜302に対するポリシリコン膜304のエッチングレート（エッチング速度）の選

択比（ゲート酸化膜 302 のエッチングレートに対するポリシリコン膜 304 のエッチングレート又はゲート酸化膜 302 のエッチング速度に対するポリシリコン膜 304 のエッチング速度）を向上させるなどのため、例えば O_2 や HBr を含む混合ガスを処理ガスとして
5 しているため、エッチングによる反応生成物が比較的多く発生する。第 2 の実施の形態では、酸化膜をマスクパターンとした第 1 の実施の形態と異なり、レジスト膜をマスクパターンにしているため、特に反応生成物が多く発生し易い。従って、反応生成物がウェハ上に堆積してゲートの下部にテーパが形成される可能性は第 1 の実施の
10 形態の場合よりも高いため、形状の異方性の向上を図ることができない。

従って、上記選択比を向上させつつ、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にするためにはオーバーエッチング工程において反応生成物を少なくしてウェハ上に極力堆積しない状態にする必要がある。
15

そこで、実験を重ねた結果、オーバーエッチング工程において、第 2 のメインエッチングの後において、上部電極 122 に印加する高周波電力を所定電力以下にすることにより、第 1 の実施の形態と同様の原理で、ゲート酸化膜 302 に対するポリシリコン膜 304 の選択比（ゲート酸化膜 302 のエッチングレートに対するポリシリコン膜 304 のエッチングレート又はゲート酸化膜 302 のエッチング速度に対するポリシリコン膜 304 のエッチング速度）を向上させつつ、反応生成物を少なくしてウェハ上に極力堆積しない状態にすることができることがわかった。
20
25

このような原理に基づいてオーバーエッチングを行う。このオーバーエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器 102 内の圧力が 20 mTorr, 上部電極 122 と下部電極 106 との間隔
5 150 mm, HBr/O₂ のガス流量比 (HBr のガス流量/O₂ のガス流量) は 26 sccm/4 sccm とし, ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は 1.5 kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ, エッジともに 10 mTorr, 処理室 104 内の設定温度については下部電極を 70°C, 上部電極を 80°C, 側壁部を 60°C
10 とする。

また, 下部電極 106 には上述の第 2 のメインエッチングと同様に例えば高周波電力 100 W を印加する。これに対して上部電極 122 に印加する高周波電力は, 上述の第 2 のメインエッチングのときよりも低い所定電力に切替えて, 上部電極 122 に印加する高周波電力を一気に低くして 30.0 sec 程度プラズマ処理を行う。
15

上部電極に印加する高周波電力としては, 例えばエッチングによる反応生成物がウェハ上に堆積しない程度, 具体的には 50 W 以下にするのが好ましく, 0 W とするのがより好ましい。これにより, 図 11 (b) に示すように最終的に残った部分 (ゲートの底部のテーパ部分など) のポリシリコン膜 304 がエッチングされ, 異方性形状のよいゲート電極が形成される。この場合, 下部電極 106 に印加する高周波電力を高くしすぎると, 酸化膜破れが生じるおそれがある。このため, 下部電極 106 に印加する高周波電力は 0.4 W/cm² 以下にすることが好ましい。
20
25

ここで、オーバーエッチングの工程において上部電極 1 2 2 に高周波電力を印加しないで、すなわち上記各エッチング処理を行った場合の実験結果を図 1 2 に示す。なお、図 1 2 (a) はウェハ上の
5 センタ部分にゲートを形成した場合、図 1 2 (b) はウェハ上のエッジ部分にゲートを形成した場合である。この図 1 2 に示すようにこの場合にはウェハ上のセンタ部分、エッジ部分ともに形成されたゲートの底部にテーパ部のない良好な形状に形成されることがわかる。

10

このように、第 2 のメインエッチング工程の後に、上部電極 1 2 2 に印加する高周波電力を、第 2 のメインエッチング工程よりも低い 0.16 W/cm^2 以下、より好ましくは 0 W/cm^2 に切替えて一気に低くすることにより、ゲート酸化膜 3 0 2 に対するポリシリ
15 コン膜 3 0 4 の選択比（ゲート酸化膜 3 0 2 のエッチングレートに対するポリシリコン膜 3 0 4 のエッチングレート又はゲート酸化膜 3 0 2 のエッチング速度に対するポリシリコン膜 3 0 4 のエッチング速度）が高い状態で、しかもエッチングによる反応生成物がウェハ上に極力堆積しない状態（デポレスの状態）にすることができる。
20 このため、ゲートの形状をその底部にテーパが極力形成されないような形状にすることができる。従って、第 2 の実施の形態によっても選択性を向上させつつ、形状の異方性も向上させること（例えばゲート酸化膜 3 0 2 に対して垂直な形状を得ること）ができる。

25 また、第 2 の実施の形態では、酸化膜をマスクとした第 1 の実施の形態とは異なり、反射防止膜 3 0 6 及びレジスト膜 3 0 8 をマス

クとするため、第1の実施の形態よりもエッチングによる反応生成物が多くなるため、この反応生成物を少なくしてウェハ上に極力堆積しない状態（デポレス状態）にできる効果は大きい。特に、最も反応生成物が多くなるオーバーエッチング工程において上部電極1
5 22に印加する高周波電力を途中で50W以下、より好ましくは0Wに切替えて一気に低くするのでさらに効果が大きい。

次に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるエッチング方法の第3の実施形態について説明する。上部電極122に印加する高
10 周波電力を所定電力に低下させるエッチング処理を、メインエッチング工程の途中からオーバーエッチング工程にかけて行った例を説明する。

本実施の形態にかかるエッチング方法を適用する膜構造の具体例
15 は第1の実施の形態と同様である。図2(a)に示すような膜構造に対して、先ず、ポリシリコン膜204の露出面の自然酸化膜を除去するエッチング処理を行う（BT；ブレークスルーエッチング工程）。この場合のエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器
20 102内の圧力が10mTorr、上部電極122と下部電極106との間隔80mm、 CF_4/O_2 のガス流量比（ CF_4 のガス流量/ O_2 のガス流量）は67sccm/13sccmとし、ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は1.5kV、ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ、エッジともに3mTorr、処理室104内の設定温度については下部電極を60℃、上部電極を80℃、側壁
25 部を60℃とする。

また、この場合には両電極 106, 122 に高い高周波電力を印加する。例えば上部電極 122 に印加する高周波電力を 650W, 下部電極 106 に印加する高周波電力を 220W とする。これにより、図 2 (b) に示すようにポリシリコン膜 204 の露出面の自然酸化膜が除去される。

次いで、第 1 の実施の形態における第 1 のメインエッチング工程に相当するエッチング工程を行う。この第 1 のメインエッチング工程では、先ず少なくとも HBr と O₂ を含む混合ガスを処理ガスとしてマスクパターンの開口部の深さ方向へゲート酸化膜 202 が露出しな

10 出しない程度まで、例えばポリシリコン膜 204 を 85% 程度まで削るエッチング処理を行う。この第 1 のメインエッチング工程では、未だゲート酸化膜が露出しな

15 ないので主にポリシリコン膜 204 のエッチングレートが高くなるような条件でエッチングを行う。

この第 1 のメインエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器 102 内の圧力が 30mTorr, 上部電極 122 と下部電極 106 との間隔 120mm, HBr/O₂ のガス流量比 (HBr のガス流量/O₂ のガス流量) は 400sccm/3sccm とし、

20 ウェハを吸着する静電チャックに印加する電圧は 1.5kV, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ, エッジともに 3mTorr, 処理室 104 内の設定温度については下部電極を 60°C, 上部電極を 80°C, 側壁部を 60°C とする。

また、この場合にも両電極 106, 122 に比較的高い高周波電力を印加する。例えば上部電極 122 に印加する高周波電力を 10

0 W, 下部電極 106 に印加する高周波電力を 75 W とする。これにより, 図 2 (c) に示すようにポリシリコン膜 204 のマスクパターンの開口部が 85 % 程度エッチングされる。なお, 第 1 のメインエッチング工程の終点は, 第 1 の実施の形態と同様の方法で検出
5 するようにしてもよい。

次に, 上部電極 122 に印加する高周波電力を所定値以下にし, 少なくとも HBr と O₂ と He を含む混合ガスを処理ガスとして, ポリシリコン膜層 204 の残存した部分をすべて除去するエッチング
10 工程を行う。すなわち, 上部電極 122 に印加する高周波電力を一気に低下して, 上記第 1 の実施の形態における第 2 のメインエッチング工程 (ME2) からオーバーエッチング工程 (OE) までに相当するエッチング工程を同一のエッチング条件により行う。

15 具体的には上部電極 122 に印加する高周波電力を 0.16 W/cm² 以下 (直径 200 mm のウェハにエッチングする場合には約 50 W 以下) にするのが好ましく, 0 W/cm² とするのがより好ましい。この場合, 下部電極 106 に印加する高周波電力を高くしすぎると, 酸化膜破れが生じるおそれがある。このため, 下部電極
20 106 に印加する高周波電力は 0.4 W/cm² 以下 (直径 200 mm のウェハにエッチングする場合には約 150 W 以下) にすることが好ましい。

この場合のエッチングを行う際の条件としては例えば処理容器 1
25 02 内の圧力が 60 mTorr, 上部電極 122 と下部電極 106 との間隔 120 mm, HBr/O₂/He のガス流量比 (HBr の

ガス流量／ O_2 のガス流量／Heのガス流量)は400 s c c m /
8 s c c m / 500 s c c mとし、ウェハを吸着する静電チャック
に印加する電圧は1.5 k V, ウェハ裏面冷却ガス圧力はセンタ,
エッジともに10 m T o r r, 処理室104内の設定温度について
5 は下部電極を60°C, 上部電極を80°C, 側壁部を60°Cとする。

また, 下部電極106には例えば高周波電力100Wを印加する。
これに対して上部電極122に印加する高周波電力は, 例えば0W
とする。すなわち, 上部電極122に印加する高周波電力は上述の
10 第1のメインエッチングのときよりも一気に低くする。

これにより, 図3(b)に示すように残った部分のポリシリコン
膜204がすべてエッチングされ, 異方性形状のよいゲート電極(例
えばゲート酸化膜に対して垂直なパターン形状のゲート電極)が形
15 成される。

ここで, 第2のメインエッチング工程からオーバーエッチング工
程まで上部電極122に高周波電力を印加しないで, エッチング処
理を行った場合の実験結果を図13に示す。なお, 図13(a)は
20 ウェハ上のセンタ部分にゲートを形成した場合, 図13(b)はウ
ェハ上のエッジ部分にゲートを形成した場合である。この図13に
示すようにこの場合にはウェハ上のセンタ部分, エッジ部分ともに
形成されたゲートの底部にテーパ部のない良好な形状に形成される
ことがわかる。

25

このように, 上部電極122に印加する高周波電力を一気に低下

して、第2のメインエッチング工程（ME2）からオーバーエッチング工程（OE）までを同一のエッチング条件により行うようにしても、ゲート酸化膜破れを生じるとこなく、選択性を向上させつつ、形状の異方性も向上させることができる。

5

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、
10 それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

例えば、上記第1～第3の実施の形態では絶縁膜であるゲート酸化膜としては、熱酸化膜で形成された $T h - O x i d e$ 膜、CVD
15 で形成されたCVD膜、液体ガラスを回転の遠心力でウェハ全面につけるSOG（spin on glass）で形成したSOG膜、他の熱酸化膜としてもよい。

また、第1又は第3の実施の形態において、酸化膜をマスクとして
20 絶縁膜上の被処理膜層であるポリシリコン膜層をエッチングする場合について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、被処理膜層としてはその他の多結晶シリコン、ポリサイド膜層、単結晶シリコン膜層などのシリコン系膜層に適用してもよい。また、
酸化膜をマスクとして絶縁膜上の被処理膜層であるメタル層をメタル
25 エッチングする場合に適用してもよい。

また、上部電極 1 2 2 に印加する高周波電力を切替えて一気に低くするのは、第 1 の実施の形態のようにメインエッチング工程の途中であってもよいし、第 2 の実施の形態のようにオーバーエッチング工程でもよく、さらに第 3 の実施の形態のようにメインエッチング工程の途中からオーバーエッチング工程にかけて行ってもよい。

以上詳述したように本発明によれば、処理容器内に上部電極と下部電極を備えたプラズマ処理装置において上部電極に印加する高周波電力をエッチング工程の途中で所定電力以下に下げることにより、エッチングの選択比を向上させつつ形状の異方性も向上させること（例えば被処理基板面に対して垂直なパターン形状を得ること）ができ、エッチング処理全体としてのエッチングレートの低下も防止できる。

産業上の利用の可能性

本発明は、エッチング方法に適用可能であり、特に互いに対向する上部電極と下部電極を有し両方の電極に高周波電力を印加可能なプラズマ処理装置により行うエッチング方法に適用可能である。

また、上部電極 1 2 2 に印加する高周波電力を切替えて一気に低くするのは、第 1 の実施の形態のようにメインエッチング工程の途中であってもよいし、第 2 の実施の形態のようにオーバーエッチング工程でもよく、さらに第 3 の実施の形態のようにメインエッチング工程の途中からオーバーエッチング工程にかけて行ってもよい。

以上詳述したように本発明によれば、処理容器内に上部電極と下部電極を備えたプラズマ処理装置において上部電極に印加する高周波電力をエッチング工程の途中で所定電力以下に下げることにより、エッチングの選択比を向上させつつ形状の異方性も向上させること（例えば被処理基板面に対して垂直なパターン形状を得ること）ができ、エッチング処理全体としてのエッチングレートの低下も防止できる。

15 産業上の利用の可能性

本発明は、エッチング方法に適用可能であり、特に互いに対向する上部電極と下部電極を有し両方の電極に高周波電力を印加可能なプラズマ処理装置により行うエッチング方法に適用可能である。

20

請求の範囲

(1) 気密な処理室内に互いに対向する上部電極と下部電極を設
け両方の電極に高周波電力を印加可能としたプラズマ処理装置によ
5 り、前記処理室内に処理ガスを導入し被処理体に形成された被処理
膜層に対してプラズマエッチング処理を施すエッチング方法におい
て、

前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加し、前記
被処理膜層に対してプラズマエッチング処理を施す途中で、前記上
10 部電極に印加する高周波電力を所定電力以下にすることを特徴とす
るエッチング方法。

(2) 前記被処理膜層は、前記被処理体に形成された絶縁膜層上
に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。

15

(3) 前記被処理膜層に対してプラズマエッチング処理を施す途
中で、前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以
下にすることを特徴とする請求項2に記載のエッチング方法。

20 (4) 前記下部電極に印加する高周波電力を 0.4 W/cm^2 以
下にすることを特徴とする請求項3に記載のエッチング方法。

(5) 前記被処理膜層に対してプラズマエッチング処理を施す途
中で、前記上部電極に印加する高周波電力を 0 W/cm^2 にするこ
25 とを特徴とする請求項2に記載のエッチング方法。

- (6) 前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、
- 5 前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、前記メインエッチング工程の途中で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施すこと、
- 10 を特徴とする請求項2に記載のエッチング方法。
- (7) 前記メインエッチング工程は、前記絶縁膜層が露出しない程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第1のメインエッチング工程と、
- 15 前記第1のメインエッチング工程の後、前記上部電極に印加する高周波電力を前記第1のメインエッチング工程の場合よりも低い所定電力以下に下げて前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第2のメインエッチング工程とを有することを特徴とする請求項6に記載のエッチング方法。
- 20
- (8) 前記第2のメインエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求項6に記載のエッチング方法。
- 25 (9) 前記第2のメインエッチング工程で前記下部電極に印加する高周波電力を 0.4 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求

項 8 に記載のエッチング方法。

(10) 前記第 2 のメインエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を 0 W/cm^2 にすることを特徴とする請求項 6 に記載のエッチング方法。

(11) 前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層の一部が露出する程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、

前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、

前記オーバーエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて、残った被処理膜層にエッチング処理を施すこと、

を特徴とする請求項 2 に記載のエッチング方法。

(12) 前記オーバーエッチング工程で前記上部電極に印加する高周波電力を 0.16 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求項 11 に記載のエッチング方法。

(13) 前記オーバーエッチング工程で前記下部電極に印加する高周波電力を 0.4 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求項 12 に記載のエッチング方法。

25

(14) 前記オーバーエッチング工程で前記上部電極に印加する

高周波電力を 0 W/cm^2 にすることを特徴とする請求項 11 に記載のエッチング方法。

5 (15) 前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層の一部が露出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施すメインエッチング工程と、

前記メインエッチング工程の後、前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、
10 前記メインエッチング工程の途中と前記オーバーエッチング工程とのうちいずれか一方又は両方で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて前記被処理膜層にエッチング処理を施すこと、を特徴とする請求項 2 に記載のエッチング方法。

15 (16) 前記上部電極と前記下部電極の両方に高周波電力を印加しマスクパターンをマスクとして、このマスクパターンの開口部の深さ方向へ前記絶縁膜層が露出しない程度まで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第 1 のメインエッチング工程と、

前記第 1 のメインエッチング工程の後、前記絶縁膜層の一部が露
20 出するまで前記被処理膜層にエッチング処理を施す第 2 のメインエッチング工程と、

前記被処理膜層の残存した部分を除去するエッチング処理を施すオーバーエッチング工程とを有し、

前記第 2 のメインエッチング工程からオーバーエッチング工程ま
25 で、前記上部電極に印加する高周波電力を所定電力以下に下げて前記被処理膜層にエッチング処理を施すこと、

を特徴とする請求項 2 に記載のエッチング方法。

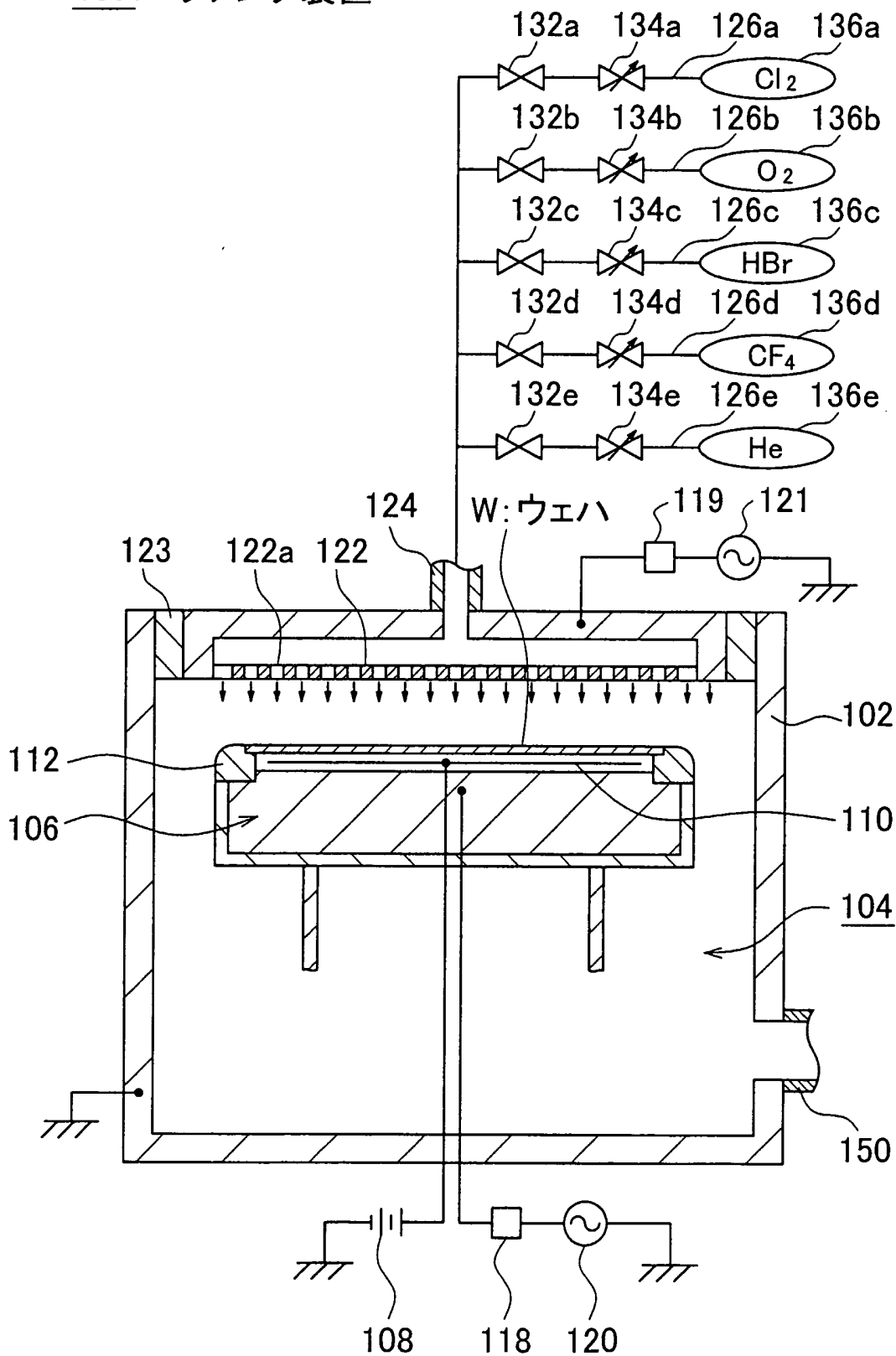
(17) 前記メインエッチング工程の途中からから前記オーバーエッチング工程まで前記上部電極に印加する高周波電力を 0.165 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求項 16 に記載のエッチング方法。

(18) 前記メインエッチング工程の途中からから前記オーバーエッチング工程まで前記下部電極に印加する高周波電力を 0.4 W/cm^2 以下にすることを特徴とする請求項 17 に記載のエッチング方法。

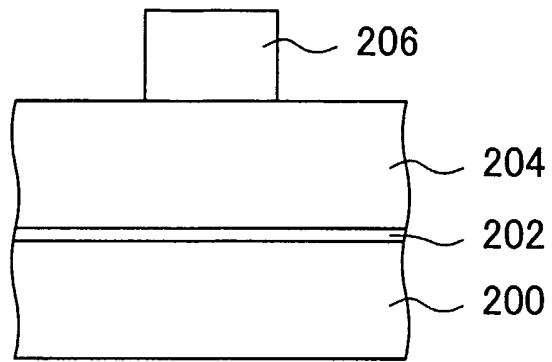
(19) 前記メインエッチング工程の途中からから前記オーバーエッチング工程まで前記上部電極に印加する高周波電力を 0 W/cm^2 にすることを特徴とする請求項 18 に記載のエッチング方法。

第1図

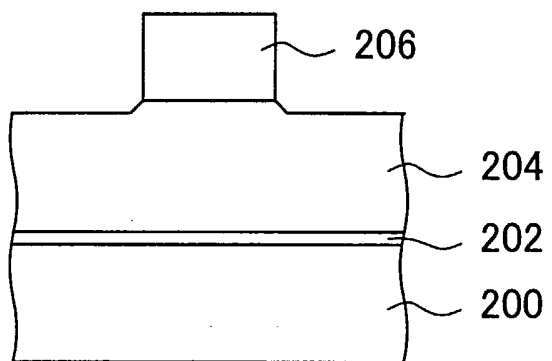
100: エッチング装置



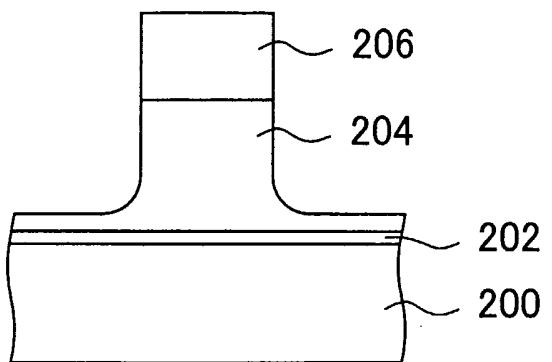
第2図



(a)

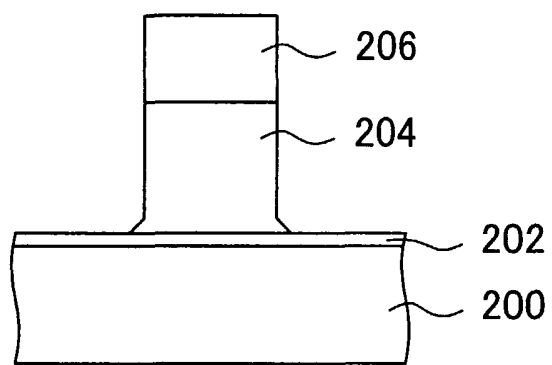


(b)

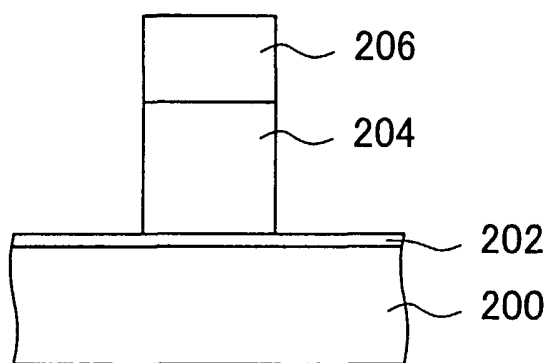


(c)

第3図

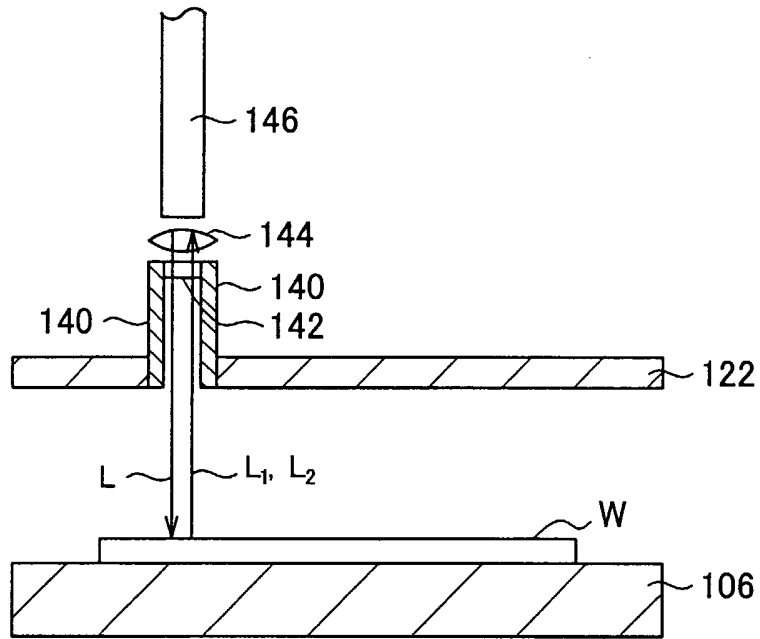


(a)

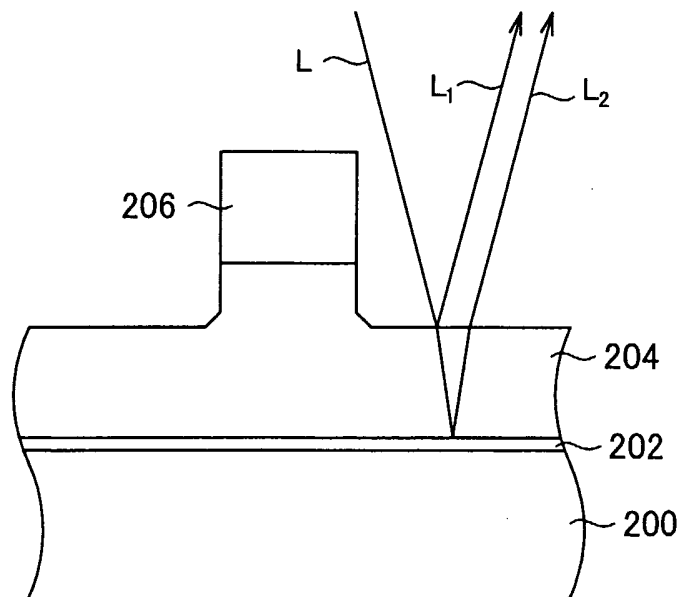


(b)

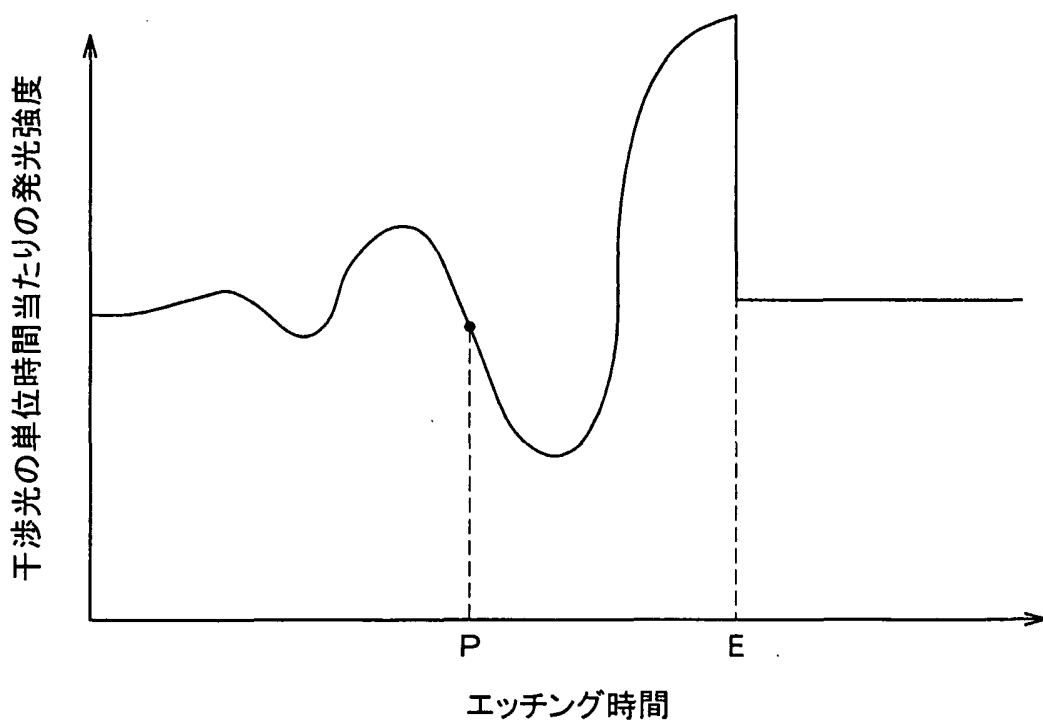
第4図



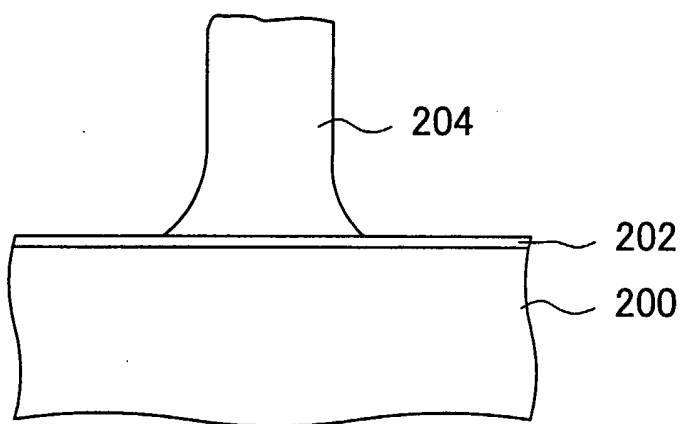
第5図



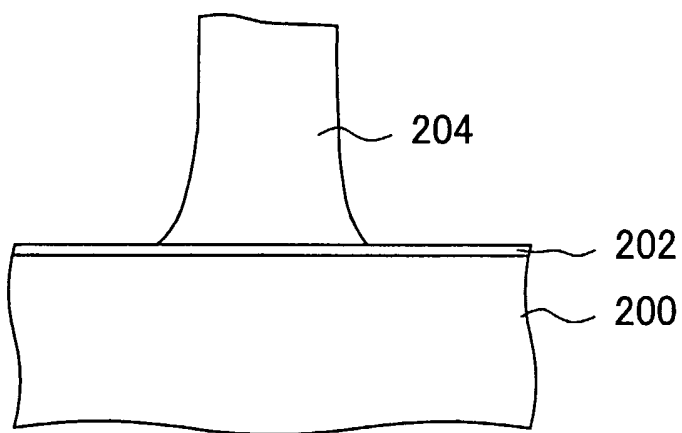
第6図



第7図

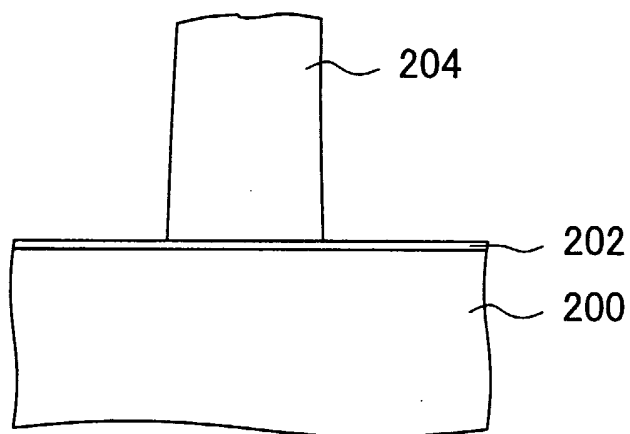


(a)

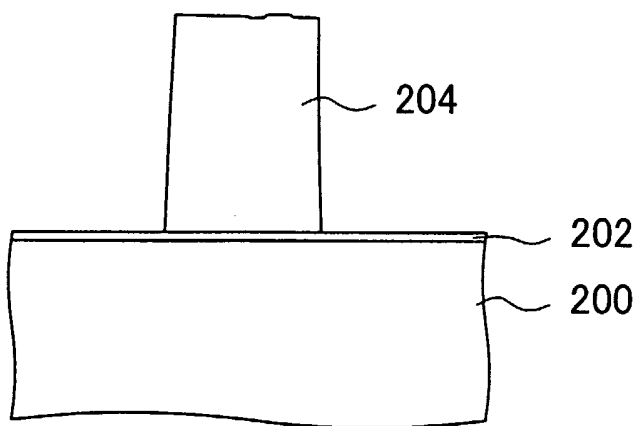


(b)

第8図

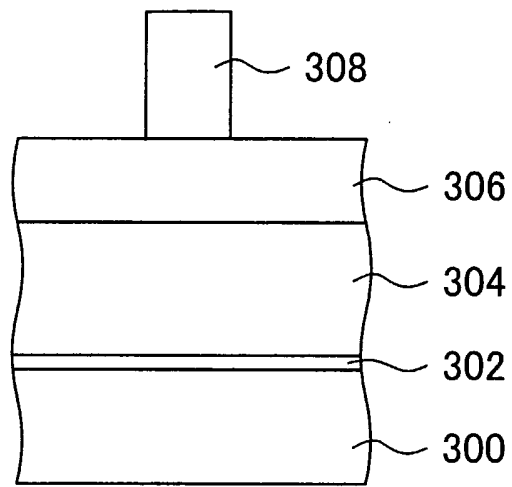


(a)

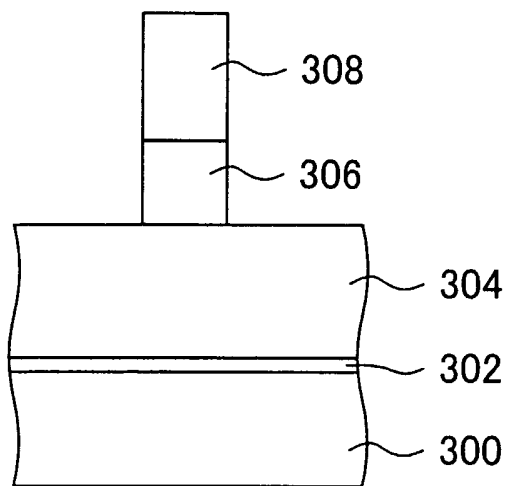


(b)

第9図

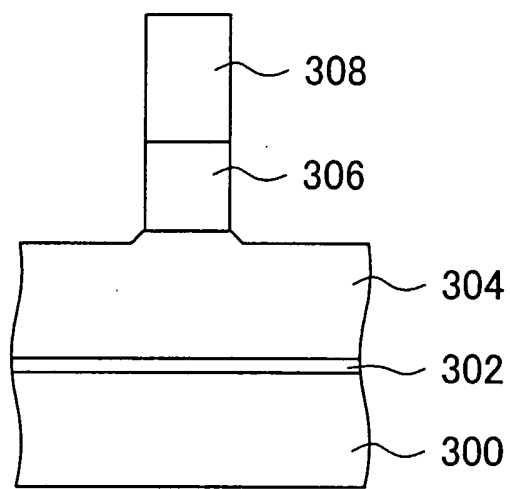


(a)

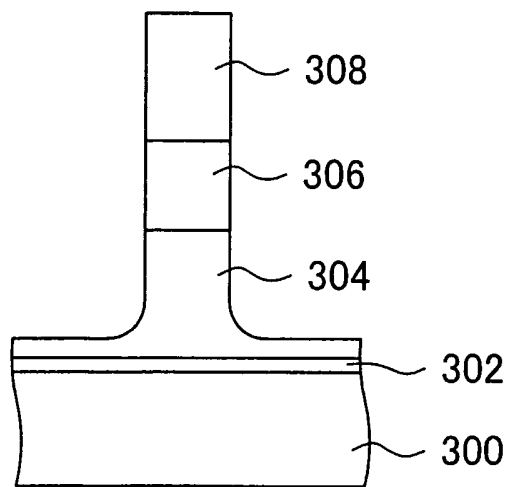


(b)

第10図

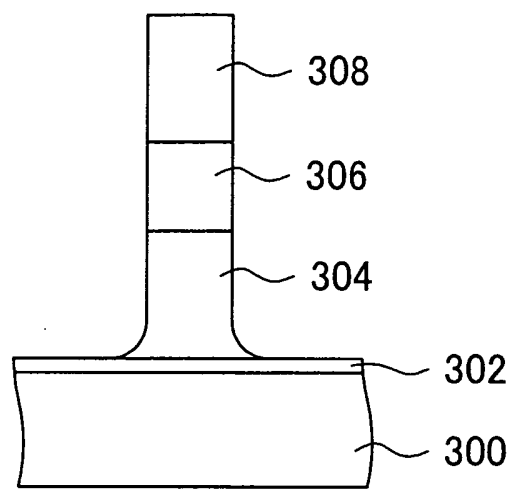


(a)

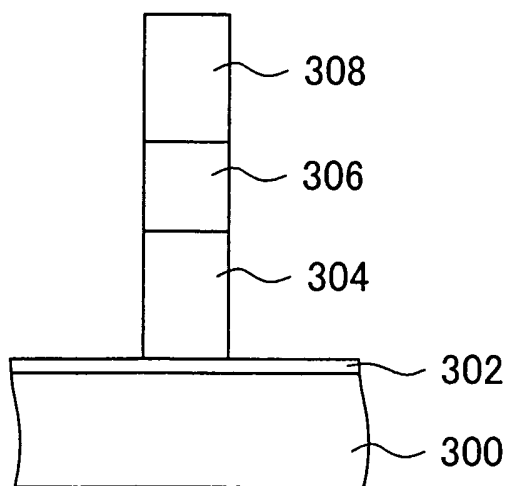


(b)

第11図

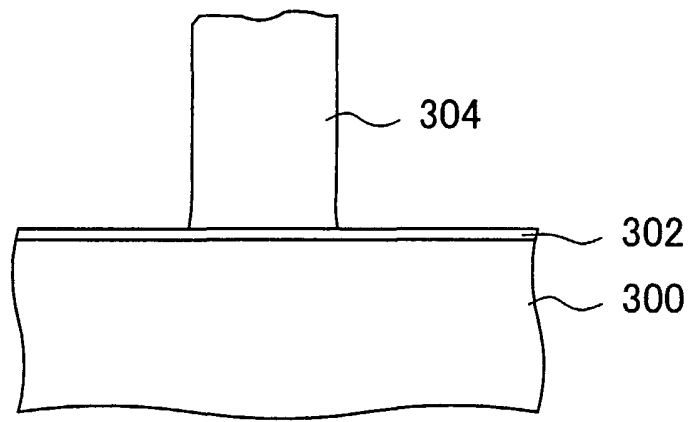


(a)

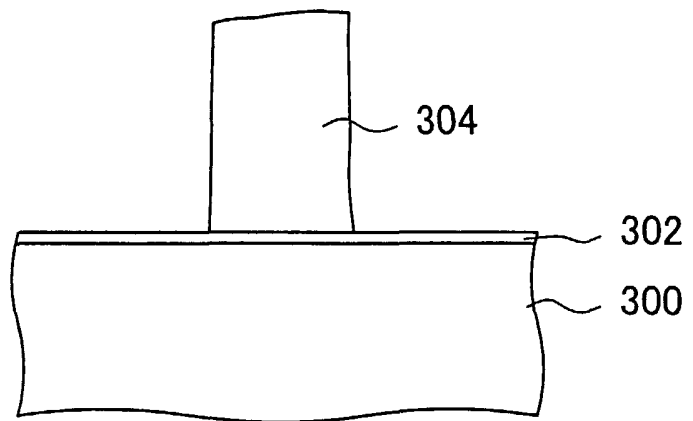


(b)

第12図

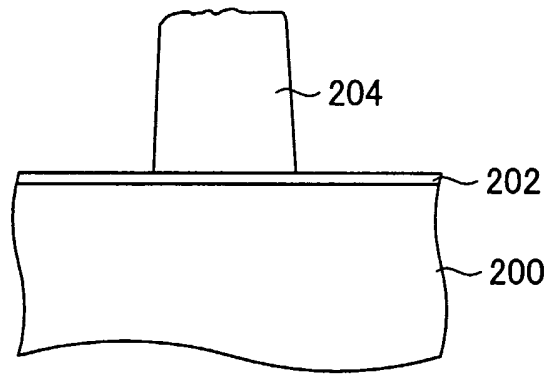


(a)

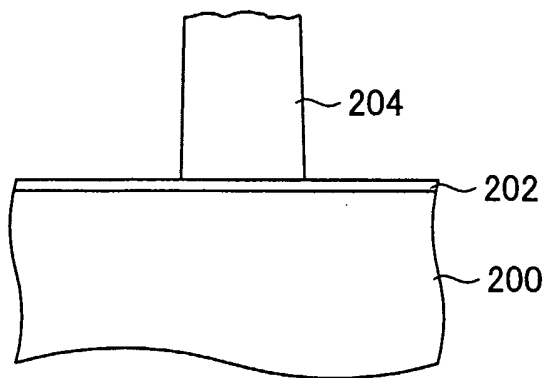


(b)

第13図



(a)



(b)

符号の説明

- 1 0 0 …エッチング装置
- 1 0 2 …処理容器
- 5 1 0 4 …処理室
- 1 0 6 …下部電極
- 1 0 8 …高圧電流電源
- 1 1 0 …静電チャック
- 1 1 2 …フォーカスリング
- 10 1 1 8 …整合器
- 1 1 9 …整合器
- 1 2 0 …高周波電源
- 1 2 1 …高周波電源
- 1 2 2 …上部電極
- 15 1 2 2 a …ガス供給孔
- 1 2 3 …絶縁体
- 1 2 4 …ガス供給管
- 1 2 6 a ~ 1 2 6 e …ガス供給系
- 1 3 2 a ~ 1 3 2 e …開閉バルブ
- 20 1 3 4 a ~ 1 3 4 e …流量調整バルブ
- 1 3 6 a ~ 1 3 6 e …ガス供給源
- 1 5 0 …排気管
- 2 0 0 …シリコン基板
- 2 0 2 …ゲート酸化膜
- 25 2 0 4 …ポリシリコン膜
- 2 0 6 …酸化膜

- 3 0 0 … シリコン基板
- 3 0 2 … ゲート酸化膜
- 3 0 4 … ポリシリコン膜
- 3 0 6 … 反射防止膜
- 5 3 0 8 … レジスト膜
- W … ウェハ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/00998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/3065

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)
Int.Cl⁷ H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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, Y	GB 2362757 A (NEC Corp.), 28 November, 2001 (28.11.01), Page 4, line 19 to page 14, line 15 & JP 2001-156041 A	1, 2, 5-7, 10, 11, 14-16, 19, <u>3, 4, 8, 9, 12,</u> <u>13, 17, 18</u>
Y	JP 2000-357683 A (Hitachi, Ltd.), 26 December, 2000 (26.12.00), Par. Nos. [0010] to [0053] (Family: none)	3, 4, 8, 9, 12, 13, 17, 18
X	EP 1143497 A (TOKYO ELECTRON LTD.), 10 October, 2001 (10.10.01), Column 2, line 14 to column 13, line 47 & JP 2000-223480 A	1, 6, 7, 11, 15, 16

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

<p>* 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 document 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</p>	<p>"I" 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</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
15 April, 2003 (15.04.03)


Date of mailing of the international search report
30 April, 2003 (30.04.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H01L21/3065		
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. ⁷ H01L21/3065		
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 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003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, Y	GB 2362757 A (NEC Corporation) 2001. 11. 28 第4頁第19行~第14頁第15行 & JP 2001-156041 A	1, 2, 5-7, 10, 11, 14-16, 19, 3, 4, 8, 9, 12, 13, 17, 18
Y	JP 2000-357683 A (株式会社日立製作所) 2000. 12. 26 第10~53段落 (ファミリーなし)	3, 4, 8, 9, 12, 13, 17, 18
X	EP 1143497 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 2001. 10. 10 第2欄第14行~第13欄第47行 & JP 2000-223480 A	1, 6, 7, 11, 15, 16,
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 15.04.03	国際調査報告の発送日 30.04.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 今井 淳一	4R 9055 
電話番号 03-3581-1101 内線 9055		