(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4816478号
(P4816478)
(45)発行日　平成23年11月16日(2011.11.16)　(24)登録日　平成23年9月9日(2011.9.9)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 21/3065 (2006.01)　　H01L 21/302 105A
H01L 21/76 (2006.01)　　H01L 21/76 L

請求項の数 5　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2007-24533(P2007-24533)
(22)出願日　平成19年2月2日(2007.2.2)
(65)公開番号　特開2008-192759(P2008-192759A)
(43)公開日　平成20年8月21日(2008.8.21)
審査請求日　平成21年11月4日(2009.11.4)

(73)特許権者　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番１号
(74)代理人　100091513
弁理士　井上　俊夫
(72)発明者　小笠原　幸輔
東京都港区赤坂五丁目３番６号　ＴＢＳ放送センター　東京エレクトロン株式会社内

審査官　今井　淳一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】エッチング方法及び記憶媒体

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の開口幅の開口部が形成された第１の領域と第１の開口幅よりも大きい第２の開口幅の開口部が形成された第２の領域とを有するマスクを用いて、基板上のシリコン層に対してエッチングにより溝を形成する方法において、
処理容器内の載置台に前記基板を載置する工程と、
Ｃｌ2ガス、ＨＢｒガス及びＣＯガスとＣＯ2ガスとから選択されるガスを含む処理ガスをプラズマ化する工程と、
前記第１の領域及び前記第２の領域の夫々の下方の前記シリコン層に形成される溝の側壁の傾斜角度が互いに揃うように、前記工程で得られたプラズマにより前記シリコン層をエッチングする工程と、を含み、
前記ＣＯガスとＣＯ2ガスとから選択されるガスの流量は、前記処理ガスに前記選択されるガスを添加しない場合と比べて、前記第２の領域の下方の前記シリコン層に形成される溝の深さを、前記第１の領域の下方の前記シリコン層に形成される溝の深さで割った値として表されるマイクローディングの増加レベルが１割以下となるように設定され、
前記マスクは、第１の開口幅に対する第２の開口幅の比が６以上となるようにパターンが形成されていることを特徴とするエッチング方法。
【請求項２】
第１の領域は、溝間の凸部の配列密度が高い領域であり、第２の領域は、前記配列密度が前記第１の領域の配列密度よりも低い領域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。
【請求項３】
前記マスクは、シリコン窒化膜であることを特徴とする請求項１または２に記載のエッチング方法。
【請求項４】
前記エッチングを行う工程は、前記基板に対向するように前記基板の上方に設けられた上部電極と、前記載置台の一部をなす下部電極と、の間に高周波を供給することによって、前記処理ガスをプラズマ化して行う工程であることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか一つに記載のエッチング方法。
【請求項５】
第１の開口幅の開口部が形成された第１の領域と第１の開口幅よりも大きい第２の開口幅の開口部が形成された第２の領域とを有するマスクを用いて、基板上のシリコン層に対してエッチングにより溝を形成する装置に用いられ、コンピュータ上で動作するコンピュータプログラムを格納した記憶媒体であって、
前記コンピュータプログラムは、請求項１ないし４のいずれか一つに記載のエッチング方法を実施するようにステップが組まれていることを特徴とする記憶媒体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、単結晶シリコンあるいは多結晶シリコンからなるシリコン層をプラズマによりエッチングする技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体デバイスの製造工程において、シリコン層をプラズマによりエッチングする工程があり、その具体例として、素子分離膜である酸化膜を埋め込むための溝を形成するために単結晶シリコンをエッチングする工程や、ゲート電極を残して酸化膜の埋め込み用凹部を形成するためにポリシリコン（多結晶シリコン）をエッチングする工程などが挙げられる。
【０００３】
図７（ａ）～（ｃ）は、例えば基板１０１上のシリコン層１００に素子分離膜の埋め込み用の凹部である溝状のスペース１０５を形成する様子を示している。シリコン層１００は、例えば窒化シリコンなどからなるハードマスク１０２を介してエッチングされる。このハードマスク１０２には、図７（ａ）に示すように、溝状の開口部１０３と、隣接する開口部１０３、１０３同士の間の凸部１０４と、がそれぞれ寸法Ｓ及び寸法Ｌとなるように形成されている。また、ハードマスク１０２には、寸法Ｓが狭く、凸部１０４が密に形成された密部分と、寸法Ｓが広く、凸部１０４が疎に形成された疎部分と、が同一の基板１０１内にパターニングされている。
【０００４】
この基板１０１に対して、処理ガスとして例えばＣｌ2ガスを用いてエッチングを行う場合には、例えばシリコンと塩素とを含む副生成物が生成する。この副生成物は、図７（ｂ）に示すように、その一部が気化して開口部１０３内から排出されるが、残りの部分がスペース１０５間のライン１０７の側壁に堆積物１０６として堆積する。このため、ライン１０７の寸法が少しずつ広くなっていくので、エッチング後のスペース１０５の寸法Ｓ’は、図７（ｃ）に示すように、ハードマスク１０２に形成された開口部１０３の寸法Ｓよりも狭くなる。
【０００５】
ところで、既述のようにハードマスク１０２に凸部１０４の密部分と疎部分とがある場合には、疎部分における一つの凹部（開口部１０３）の体積は、密部分の一つの凹部の体積よりも大きい。そのため、一つの凹部内において、疎部分では、密部分よりも副生成物が多く生成する。副生成物の量が多い程、堆積物１０６の堆積量が増えるので、疎部分で

は、堆積物１０６の量が密部分よりも多くなってしまう。その結果、図７（ｃ）に示すように、疎部分におけるライン１０７の壁面の傾斜角度βは、密部分におけるライン１０７の壁面の傾斜角度αよりも小さくなってしまう。このライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとの差は、密部分と疎部分とにおける開口部１０３の寸法Ｓの差が大きくなる程、副生成物の生成量の差が大きくなることから、更に大きくなってしまう。

また、生成した副生成物の量に対して、密部分よりも疎部分において堆積物１０６が堆積しやすいので、副生成物の量が増加すると、図８に示すように、密部分と疎部分とにおけるライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとの差が大きくなってしまう。

【０００６】

このように密部分と疎部分とにおけるライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとにばらつきがあると、このエッチング処理の後、例えばハードマスク１０２を剥離して、スペース１０５内に例えば酸化膜を埋め込む場合には、スペース１０５内における酸化膜の埋め込み特性（酸化膜の充填率）がばらついてしまうおそれがある。また、この酸化膜の充填率がばらつくと、酸化膜の耐電圧特性などの電気的特性が面内においてばらつくおそれもある。そのため、密部分と疎部分とにおけるライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとをできるだけ揃える必要がある。

【０００７】

そこで、従来は、ライン１０７の側壁に堆積物１０６が堆積しないように、あるいは堆積物１０６が除去されるように、処理条件を調整して、エッチングを行っている。つまり、ライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとが大きく（９０°に近く）なり、密部分と疎部分とにおけるライン１０７の壁面の傾斜角度αとβとの差が小さくなるように、処理条件を設定している。

【０００８】

一方において、上述の酸化膜の埋め込み特性については、ライン１０７の壁面の傾斜角度α、βが小さい（寝ている）方が好ましいので、この傾斜角度α、βを小さくする一方で、密部分と疎部分とにおける傾斜角度α、βを揃えることが求められている。また、このライン１０７の傾斜角度α、βを任意に調整できる技術も求められている。

【０００９】

特許文献１には、Ｃｌ2ガスとＣＯガスとを用いてシリコン材料層を溝状にエッチングする技術が記載されているが、パターンの疎密部分における溝の形状差やライン１０７の傾斜角度については何ら検討されていない。

【００１０】

【特許文献１】特開平８－１１５９００（（００２１）、（００２２））

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は、単結晶シリコンあるいは多結晶シリコンからなるシリコン層に対して、開口部の開口幅にばらつきのあるマスクを介してエッチングにより溝を形成するにあたり、開口部同士の間の凸部の壁面の傾斜角度が小さくなり、且つ面内においてこの傾斜角度が揃うようにエッチングできる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１２】

本発明のエッチング方法は、

第１の開口幅の開口部が形成された第１の領域と第１の開口幅よりも大きい第２の開口幅の開口部が形成された第２の領域とを有するマスクを用いて、基板上のシリコン層に対してエッチングにより溝を形成する方法において、

処理容器内の載置台に前記基板を載置する工程と、

Ｃｌ2ガス、ＨＢｒガス及びＣＯガスとＣＯ2ガスとから選択されるガスを含む処理ガスをプラズマ化する工程と、

この工程で得られたプラズマにより前記シリコン層をエッチングする工程と、を含み、
前記ＣＯガスとＣＯ2ガスとから選択されるガスの流量は、前記処理ガスに前記選択されるガスを添加しない場合と比べて、前記第２の領域の下方の前記シリコン層に形成される溝の深さを、前記第１の領域の下方の前記シリコン層に形成される溝の深さで割った値として表されるマイクロローディングの増加レベルが１割以下となるように設定され、
前記マスクは、第１の開口幅に対する第２の開口幅の比が６以上となるようにパターンが形成されていることを特徴とする。

【００１３】

第１の領域は、溝間の凸部の配列密度が高い領域であり、第２の領域は、溝間の凸部の配列密度が前記第１の領域よりも低い領域であることが好ましい。

前記マスクは、シリコン窒化膜であっても良い。

前記エッチングを行う工程は、前記基板に対向するように前記基板の上方に設けられた上部電極と、前記載置台の一部をなす下部電極と、の間に高周波を供給することによって、前記処理ガスをプラズマ化して行う工程であることが好ましい。

【００１６】

本発明の記憶媒体は、
第１の開口幅の開口部が形成された第１の領域と第１の開口幅よりも大きい第２の開口幅の開口部が形成された第２の領域とを有するマスクを用いて、基板上のシリコン層に対してエッチングにより溝を形成する装置に用いられ、コンピュータ上で動作するコンピュータプログラムを格納した記憶媒体であって、
前記コンピュータプログラムは、上記エッチング方法を実施するようにステップが組まれていることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１７】

本発明は、単結晶シリコンあるいは多結晶シリコンからなるシリコン層に対して、開口部の開口幅にばらつきのあるマスクを介してエッチングにより溝を形成するにあたり、Ｃｌ2ガス、ＨＢｒガス及びＣＯガスとＣＯ2ガスとから選択されるガスを含む処理ガスを供給してエッチングを行っているので、炭素を含むプラズマの量が増加して、マスクの開口部の開口幅のばらつきに基づく堆積物の量の差が相対的に減少するため、開口部同士の間の凸部の壁面の傾斜角度を小さくでき、且つ基板の面内において凸部の壁面の傾斜角度を揃えることができる。また、ＣＯガスあるいはＣＯ2ガスの流量を変えて、炭素のプラズマの量を調整することで、凸部の壁面の傾斜角度を任意に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

本発明におけるエッチング方法が実施される例えば半導体基板（以下「ウェハ」Ｗという）の一例について、図１を参照して説明する。
図１（ａ）に示すウェハＷには、シリコン層１１の上方に例えば厚さ１０ｎｍの酸化膜１２と例えば厚さ１００ｎｍのＳｉＮ（窒化シリコン）膜１３とが下側からこの順番で積層されており、この酸化膜１２とＳｉＮ膜１３とをハードマスクとしてシリコン層１１にスペース１４とライン１７とからなるパターンを形成できるように、酸化膜１２とＳｉＮ膜１３とには、凸部１５と溝状の開口部１６とが形成されている。また、酸化膜１２とＳｉＮ膜１３とには、凸部１５の間隔が狭く密になるように、開口部１６の寸法が第１の開口幅Ｓ１と狭く形成された第１の領域である密部分と、凸部１５の間隔が広く疎になるように、開口部１６の寸法が第２の開口幅Ｓ２と広く形成された第２の領域である疎部分と、が同じウェハＷ内に形成されており、第１の開口幅Ｓ１と第２の開口幅Ｓ２とは、それぞれ例えば１６０ｎｍ及び１１００ｎｍとなっている。尚、密部分と疎部分とにおける凸部１５の寸法Ｌは、それぞれ例えば１００ｎｍ及び１１０ｎｍとなっている。このウェハＷに対して、後述のエッチング装置５１により、以下のように、ＳＴＩプロセスの一部として、素子分離用の酸化膜を埋め込むためのスペース１４のエッチングが行われる。

【００１９】

［シリコン層１１のエッチング］
上記のウェハWに対して、処理ガスとして例えばＣｌ2ガス、ＨＢｒガス及びＣＯガスをそれぞれ例えば６５、３５及び２０ｓｃｃｍの流量で供給する。次いで、後述するように、この処理ガスをプラズマ化して、このプラズマをウェハWに供給すると、酸化膜１２とＳｉＮ膜１３とをマスクとしてシリコン層１１がエッチングされていく。この時、密部分と疎部分とにおいて、開口部１６の開口幅Ｓ１と開口幅Ｓ２とが異なることから、一つの開口部１６内におけるシリコン層１１のエッチングされる量が異なり、つまり疎部分のエッチング量が多いため、生成する副生成物の量についても疎部分では密部分よりも多くなる。一方、処理ガスとしてＣＯガスを供給することによって、上述の密部分と疎部分における副生成物の量の差が無視できる程、炭素のプラズマが増加しているので、図１（ｂ）に示すように、ライン１７の側壁には、密部分と疎部分とにおいてほぼ同程度の量の堆積物１８が堆積する。その結果、シリコン層１１は、エッチングが進むにつれて、開口部１６の開口幅Ｓ１、Ｓ２よりも少しずつ小さい寸法となるようにスペース１４が形成されていく。つまり、ライン１７の側壁と水平面とがなす角度（傾斜角度）がある所定の角度α（β）となるように、エッチングが進行していく。既述のように、密部分と疎部分とにおいて、ライン１７の側壁にはほぼ同じ量の堆積物１８が堆積しているので、双方のライン１７の側壁の傾斜角度αとβとは、図１（ｃ）に示すように、同程度の傾斜角度となる。
そして、所望の深さ例えば２５０ｎｍのスペース１４が形成される。その後、例えば酸化膜１２とＳｉＮ膜１３とが除去されて、スペース１４に素子分離用の酸化膜が埋め込まれる。

【００２０】
［エッチング装置５１］
次に、このエッチングに用いられるエッチング装置５１の一例について、図２を参考にして以下に説明する。
エッチング装置５１は、真空チャンバからなる処理容器２１と、この処理容器２１内の底面中央に配設された載置台３０と、処理容器２１の上面部に設けられた上部電極４０と、を備えている。
処理容器２１の底面の排気口２２には、排気管２４を介して真空ポンプ等を含む排気装置２３が接続されている。処理容器２１の壁面には、ウェハWの搬送口２５が設けられており、この搬送口２５はゲートバルブ２６によって開閉可能となっている。処理容器２１は、接地されている。

【００２１】
載置台３０は、下部電極３１とこの下部電極３１を下方から支持する支持体３２とからなり、処理容器２１の底面に絶縁部材３３を介して配設されている。載置台３０の上部には、静電チャック３４が設けられており、高圧直流電源３５から電圧が印加されることによって、載置台３０上にウェハWが静電吸着される。
載置台３０内には、所定の温調媒体が通る温調流路３７が形成されており、温調媒体によってウェハWの温度が所望の温度に調整されるように構成されている。
また、載置台３０の内部には、Ｈｅ（ヘリウム）ガス等の熱伝導性ガスをバックサイドガスとして供給するガス流路３８が形成されており、このガス流路３８は、載置台３０の上面の複数箇所で開口している。これらの開口部は、静電チャック３４に設けられた前記貫通孔３４ａと連通している。

【００２２】
前記下部電極３１は、ハイパスフィルタ（ＨＰＦ）３０ａを介して接地されており、例えば周波数が１３．５６ＭＨｚの高周波電源３１ａが整合器３１ｂを介して接続されている。
また、下部電極３１の外周縁には、静電チャック３４を囲むように、フォーカスリング３９が配置され、プラズマ発生時にこのフォーカスリング３９を介してプラズマが載置台３０上のウェハWに集束するように構成されている。

【００２３】
上部電極４０は、中空状に形成されており、その下面には、処理容器２１内へ処理ガスを分散供給するための多数の孔４１が例えば均等に配置されてガスシャワーヘッドを構成している。また、上部電極４０の上面中央には、ガス供給路であるガス導入管４２が設けられ、このガス導入管４２は、絶縁部材２７を介して処理容器２１の上面中央を貫通している。そして、このガス導入管４２は、上流側において５本に分岐して分岐管４２Ａ～４２Ｅを形成し、バルブ４３Ａ～４３Ｅと流量制御部４４Ａ～４４Ｅとを介してガス供給源４５Ａ～４５Ｅに接続されている。このバルブ４３Ａ～４３Ｅ及び流量制御部４４Ａ～４４Ｅは、ガス供給系４６を構成している。
上部電極４０は、ローパスフィルタ（ＬＰＦ）４７を介して接地されており、高周波電源３１ａの高周波よりも周波数の高い高周波例えば６０ＭＨｚの高周波電源４０ａが整合器４０ｂを介して接続されている。
【００２４】
上部電極４０に接続された高周波電源４０ａからの高周波は、処理ガスをプラズマ化するためのものである。下部電極３１に接続された高周波電源３１ａからの高周波は、ウェハＷにバイアス電力を印加することでプラズマ中のイオンをウェハＷ表面に引き込むものである。上部電極４０と下部電極３１とは、プラズマ発生手段をなしている。
【００２５】
エッチング装置５１には、例えばコンピュータからなる制御部２０Ａが設けられており、この制御部２０Ａは、プログラム、メモリ、ＣＰＵからなるデータ処理部などを備えている。このプログラムには、制御部２０Ａからエッチング装置５１の各部に制御信号を送り、後述の各ステップを進行させることでウェハＷの処理や搬送を行うように命令が組み込まれている。また、例えばメモリには、処理圧力、処理温度、処理時間、ガス流量または電力値などの処理パラメータの値が書き込まれる領域を備えており、ＣＰＵがプログラムの各命令を実行する際、これらの処理パラメータが読み出され、そのパラメータ値に応じた制御信号がこのエッチング装置５１の各部位に送られることになる。このプログラム（処理パラメータの入力操作や表示に関するプログラムも含む）は、コンピュータ記憶媒体例えばフレキシブルディスク、コンパクトディスク、ＭＯ（光磁気ディスク）、ハードディスクなどの記憶部２０Ｂに格納されて制御部２０Ａにインストールされる。
【００２６】
次に、このエッチング装置５１を用いたエッチング方法について簡単に説明する。まず、ウェハＷを図示しない基板搬送手段によって処理容器２１内の載置台３０上に水平に載置した後、ゲートバルブ２６を閉じる。引き続きガス流路３８からバックサイドガスを供給して、ウェハＷを所定の温度に調整する。
【００２７】
そして、排気装置２３により排気管２４を介して処理容器２１内の真空排気を行い、処理容器２１内を所定の真空度例えば３．３Ｐａ（２５ｍＴｏｒｒ）に保持した後、ガス供給系４６より処理ガスとして例えばＣｌ2ガス、ＨＢｒガス及びＣＯガスをそれぞれ例えば６５、３５及び２０ｓｃｃｍの流量で供給する。続いて周波数が６０ＭＨｚ、電力が例えば５００Ｗの高周波を上部電極４０に供給して、前記処理ガスをプラズマ化すると共に、バイアス用の高周波として周波数が１３．５６ＭＨｚ、電力が例えば２００Ｗの高周波を下部電極３１に供給する。
このプラズマによって、既述のようにシリコン層１１のエッチングが行われる。
【００２８】
上述の実施の形態によれば、シリコン層１１のエッチングをＣｌ2ガスとＨＢｒガスとにより行うにあたり、疎部分における開口部１６の開口幅Ｓ２が密部分の開口幅Ｓ１よりも広く、疎部分における副生成物の生成量が密部分よりも多くなっているが、炭素を含むＣＯガスを供給しているので、炭素を含むプラズマが発生して、副生成物の生成量の違いを無視できる程に炭素のプラズマが増加しているため、密部分と疎部分とにおいてライン１７の側壁に同程度の堆積物１８が堆積して、ライン１７の側壁の傾斜角度αとβとが小

さくなるように、且つこの傾斜角度αとβとが同程度の角度となるようにエッチングすることができる。また、ＣＯガスの流量を変えて、炭素のプラズマの量を調整することで、上記の堆積物１８の量を調整することができるので、密部分と疎部分とにおけるライン１７の側壁の傾斜角度αとβとを揃えると共に、傾斜角度α、βをウェハWの面内において任意に調整することができる。

【００２９】

また、シリコンをエッチングするためのガスとして、Ｃｌ2ガス及びＨＢｒガスを同時に用いることで、エッチングレートなどのプロセス特性を細かく（厳密に）制御することができる。つまり、Ｃｌ2ガスは、ＨＢｒガスと同様にシリコンをエッチングできるガスであるが、エッチングにより生成する反応生成物の蒸気圧が低いので、ＨＢｒガスよりもエッチングレートが速い。そのため、このようなエッチングレートの異なるＨＢｒガスとＣｌ2ガスとを用いて、それぞれの流量比（分圧）を制御することで、それぞれのガスを単独で用いるよりも簡便に細かなプロセスの制御が可能になる。

【００３０】

尚、本発明のエッチング方法は、開口部１６の開口幅Ｓ１、Ｓ２にばらつきのあるパターンが形成されたマスクを介して、シリコン層１１にスペース１４を形成するプロセスに適用されるが、その開口幅Ｓ１とＳ２との差が大きい（（疎部分における開口幅Ｓ２）÷（密部分における開口幅Ｓ１）の比が６以上）場合に、特に大きな効果が得られる。つまり、傾斜角度α（β）を小さく（寝るように）しようとすると、堆積物１８の量を多くする必要があるが、このように開口幅Ｓ１と開口幅Ｓ２との差が大きい場合には、既述の図８に示すように、通常の方法であれば密部分と疎部分とにおいて堆積物１８の量に大きな差が生じてしまい、傾斜角度αとβとの差の少ないスペース１４を形成することはもはや不可能であるが、本発明のエッチング方法では、炭素のプラズマを増やして、この堆積物１８の量をウェハWの面内においてほぼ同じ量にすることができるので、このような開口幅Ｓ１と開口幅Ｓ２との差が大きいウェハWに対しても、ライン１７の側壁の傾斜角度αとβとが同程度の角度となるようにエッチングすることができる。尚、供給するＣＯガスやＣＯ2ガスの流量を調整することで、開口部１６の開口幅Ｓ１と開口幅Ｓ２との差に基づく副生成物の量の差が無視できるほど炭素のプラズマの量を増やすことができるので、上記の比がどのような値のウェハWに対しても、本発明のエッチング方法を適用できる。また、上記の例では単結晶シリコンであるシリコン層１１について説明したが、後述の実施例に示すように、本発明のエッチング方法を多結晶シリコンに適用しても良い。処理ガスとしては、後述の実施例に示すように、ＣＯガスの代わりにＣＯ2ガスを用いても良い。処理ガスとして、これらのガスと共に、窒素ガスやアルゴンガスなどの希釈ガスを供給しても良いし、酸素ガスなどを供給しても良い。

【実施例】

【００３１】

（実験例１）

次に、本発明のエッチング方法について行った実験について説明する。実験には、ＣＯガスの流量の影響を確認するために、既述の図１に示したウェハWに対して、エッチング装置５１内において以下に示す処理条件に従ってシリコン層１１のエッチングを行った。その後、ウェハWを切断して、密部分と疎部分とにおけるライン１７の壁面の傾斜角度α、βを測定した。また、スペース１４の深さを測定して、エッチングレートと、（疎部分の深さ÷密部分の深さ）として表されるマイクロ－ローディングと呼ばれる値と、を計算した。尚、エッチングレートは、密部分と疎部分とにおける値の平均値を用いた。

（処理条件）

処理圧力	：３．３Ｐａ（２５ｍＴｏｒｒ）
上部電極４０の高周波の周波数	：６０ＭＨｚ
上部電極４０の電力	：５００Ｗ
下部電極３１の高周波の周波数	：１３．５６ＭＨｚ
下部電極３１の電力	：２００Ｗ

（実験例１－１）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯガス＝６５／３５／１０ｓｃｃｍ
（実験例１－２）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯガス＝６５／３５／２０ｓｃｃｍ
（比較例１）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス＝６５／３５ｓｃｃｍ
（実験結果）
　図３（ａ）に示すように、ＣＯガスの流量を増やしていくことによって、密部分と疎部分とにおけるライン１７の側壁の傾斜角度αとβとが徐々に揃っていくことが分かった。また、この時、ライン１７の側壁が立つ方向（傾斜角度α、βが９０°に近づく方向）ではなく、寝る方向（傾斜角度α、βが小さくなる方向）に揃っていくことが分かった。

【００３２】
　エッチングレートとマイクローローディングとについては、図３（ｂ）に示すように、ＣＯガスの添加によって若干悪化していた。つまり、ＣＯガスの添加によって、エッチングレートが若干低下すると共に、マイクローローディングが若干増加（密部分のスペース１４の深さが減少）していた。これは、ＣＯガスの添加によって、既述の通り、炭素のプラズマが増加して、スペース１４の底面における堆積物１８の量が増えたためだと考えられる。即ち、密部分では開口部１６の開口幅Ｓ１が狭いため、エッチングにより生成する副生成物が排出されにくくなっており、その副生成物が堆積物１８として堆積したものと考えられる。このようなＣＯガスの添加による悪影響は、この実験における添加量では、１割程度以下となっていたので、問題ないレベルであると考えられる。

【００３３】
（実験例２）
　実験例１のＣＯガスに代えて、ＣＯ2ガスを用いて以下の処理条件において同様の実験を行った。尚、実験例１と同じ条件については、記載を省略する。
（実験例２－１）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯ2ガス＝６５／３５／２０ｓｃｃｍ
（実験例２－２）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯ2ガス＝６５／３５／４０ｓｃｃｍ
（比較例２）
　処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス＝６５／３５ｓｃｃｍ
（実験結果）
　この実験においても、図４に示すように、実験例１と同様の結果が得られた。尚、この実験では、エッチングレート及びマイクローローディングの結果の記載を省略するが、ＣＯ2のガス流量を４０ｓｃｃｍまで増やしても、１割程度の悪化に収まっていた。つまり、この実験では、ＣＯ2ガスの流量を実験例１のＣＯガスの２倍まで増やすことができ、その結果更に密部分と疎部分との間の傾斜角度αとβとの差が小さくなり、傾斜角度α及びβの絶対値についても小さくなっていた。これは、詳細は不明であるが、ＣＯ2ガスがプラズマ化した時の酸素を含むプラズマによる影響だと考えられる。

【００３４】
（実験例３）
　以上の実験例では、ＳＴＩプロセスにおける単結晶シリコンのエッチングについて説明したが、ゲート電極を形成する際に行う多結晶シリコンのエッチングについて以下に説明する。
　実験に用いたウェハWについて、図５を参照して説明する。このウェハWは、シリコン層８１の上方に、ゲート酸化膜である酸化膜８２、多結晶シリコン膜８３及び例えばテト

ラエトキシシラン（ＴＥＯＳ）からなるレジスト膜８４が下側からこの順番で積層された構造となっている。このレジスト膜８４には、凸部８５と開口部８６とがパターニングされており、既述の図１のウェハＷと同様に、開口部８６の開口幅Ｓ１が狭く、凸部８５が密に配置された密部分である第１の領域と、開口部８６の開口幅Ｓ２が広い疎部分である第２の領域と、が形成されている。尚、凸部８５の寸法Ｌが１００ｎｍ、密部分と疎部分とにおける開口幅Ｓ１及び開口幅Ｓ２がそれぞれ１６０ｎｍ及び１１００ｎｍとなるように、パターンを形成した。また、製品用のウェハＷであれば、この多結晶シリコン膜８３にＰ（リン）やＢ（硼素）がドープされるが、ここではドープを行わず、実験用のウェハＷを用いた。処理条件としては、以下の条件以外は、実験例１と同じ条件でスペース（図１（ｃ）のスペース１４に対応）を多結晶シリコン膜８３に形成した。

（処理条件）

処理圧力　：４．０Ｐａ（３０ｍＴｏｒｒ）
上部電極４０の電力　：６００Ｗ
下部電極３１の電力　：１００Ｗ

（実験例３－１）

処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯガス＝５００／１００／１０ｓｃｃｍ

（実験例３－２）

処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス／ＣＯガス＝５００／１００／２０ｓｃｃｍ

（比較例３）

処理ガス　：Ｃｌ2ガス／ＨＢｒガス＝５００／１００ｓｃｃｍ

（実験結果）

このウェハＷに対しても、図６に示すように、ＣＯガスの添加によって、上記の実験例と同様の結果が得られた。また、この時も、エッチングレートやマイクローローディングについても、問題ないレベルであった。

以上の実験で得られたデータを以下の表１にまとめて示す。

【００３５】

【表１】

			実験例1			実験例2			実験例3		
			CO流量(sccm)			CO2流量(sccm)			CO流量(sccm)		
			0	10	20	0	20	40	0	10	20
溝14(87)の角度 (deg)	α		86.4	85.5	84.2	86.7	85.7	84	89.4	88.6	87.6
	β		84.3	84	83.4	84.7	84.1	83.6	88.5	88	87.4
	α－β		2.1	1.5	0.8	2	1.6	0.4	0.9	0.6	0.2
マイクローローディング			1.01	1.06	1.09						
エッチングレート (nm／min)			183	174	168						

【００３６】

（実験例４）

以上の実験を行う前に、処理条件を様々に変えることによって、本発明のエッチング方法と同じ効果が得られるか確認するための予備実験を行っており、その結果について説明する。この実験は、密部分と疎部分とにおけるライン１７の側壁の傾斜角度αとβとが揃い、且つこの傾斜角度α、βが寝る（小さくなる）ことを目標として、図１に示すウェハＷに対して行った。詳細な実験条件などについては省略する。この結果を以下の表２に示

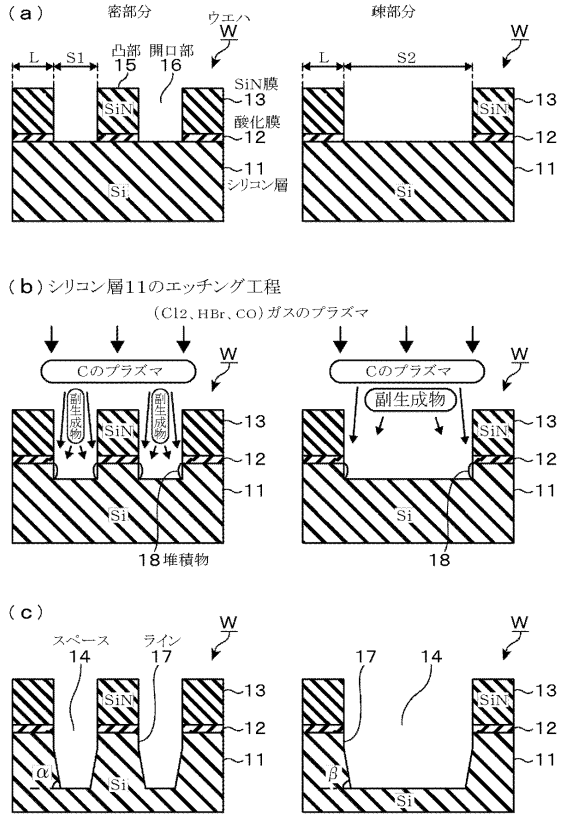
す。
【００３７】
【表２】

	傾斜角度の絶対値	傾斜角度α、βの差
処理圧力	×	×
下部電極31の電圧	○	×
Cl2ガスの流量比	×	×
O2ガスの流量	○	×
総ガス流量	×	○
ウェハWの温度	×	○
COガスの添加	○	○

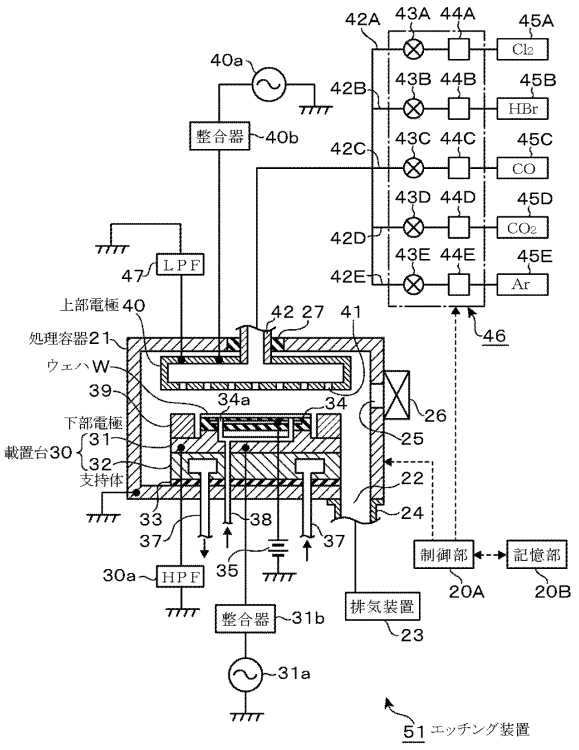
【００３８】
この表２は、各パラメータの値を増やした時の結果を示している。「傾斜角度の絶対値」の項目における「○」印は、傾斜角度α、βが小さくなったことを表しており、「傾斜角度α、βの差」の項目における「○」印は、傾斜角度αとβとの差が小さくなったことを表している。つまり、どちらの項目においても、○印が良い結果であったことを示している。
【００３９】
その結果、どのパラメータを増やしても、双方の項目が共に良好となる条件は見つからなかったが、ＣＯガスを添加することによって、密部分と疎部分とにおける傾斜角度αとβとが揃い、更に傾斜角度αとβとが小さくなることが分かった。
【００４０】
尚、この表から、例えば処理圧力やＣｌ2ガスの流量比を減少させることで、本発明と同様の結果が得られると推察されるが、これらの値を減少させると、エッチングレートが大きく低下するため、好ましくない。
【図面の簡単な説明】
【００４１】
【図１】本発明のエッチング処理に用いられるウェハWの一例を示した断面図である。
【図２】上記のエッチング処理に用いられるエッチング装置の一例を示す縦断面図である。
【図３】本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。
【図４】本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。
【図５】本発明の実施例に用いたウェハWを示す断面図である。
【図６】本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。
【図７】従来のエッチングについての基板１０１の断面図である。
【図８】上記のエッチングにおける副生成物の量とラインの壁面の傾斜角度との相関関係を示す特性図である。
【符号の説明】
【００４２】
２１　処理容器
３１　下部電極

４０　上部電極
５１　エッチング装置
１１　シリコン層
１２　酸化膜
１３　ＳｉＮ膜
１４　スペース
１５　凸部
１６　開口部
１７　ライン
１８　堆積物

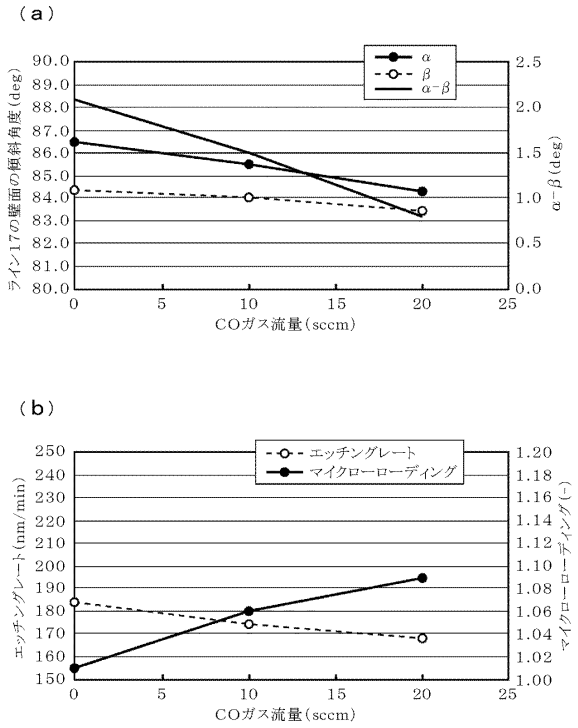
【図１】



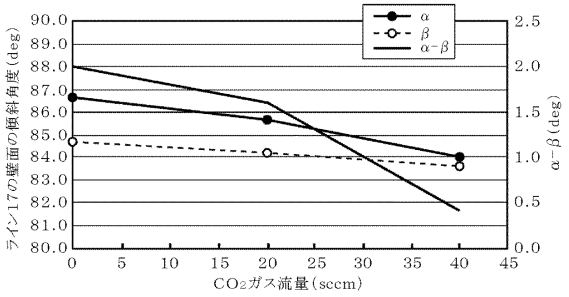
【図２】



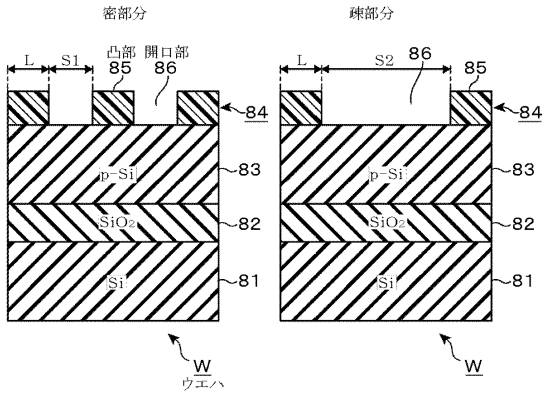
【図３】


（ａ）
ライン17の壁面の傾斜角度(deg)
α
β
α−β
α−β(deg)
COガス流量(sccm)
（ｂ）
エッチングレート(nm/min)
エッチングレート
マイクローローディング
マイクローローディング(−)
COガス流量(sccm)

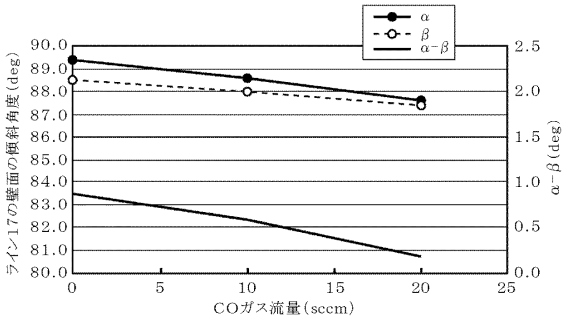
【図４】


ライン17の壁面の傾斜角度(deg)
α
β
α−β
α−β(deg)
CO2ガス流量(sccm)

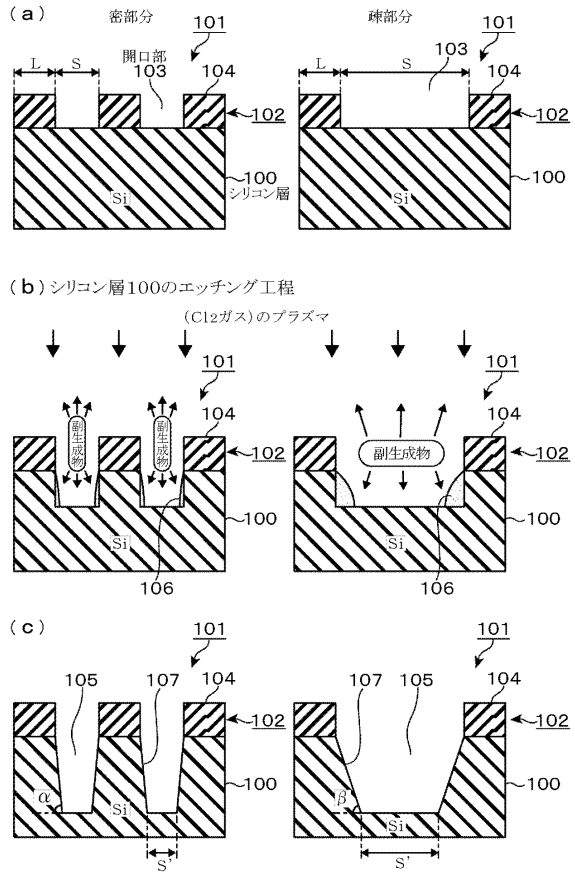
【図５】


密部分
疎部分
凸部
開口部
L
S1
S2
85
86
84
83
82
81
p−Si
SiO2
Si
W
ウエハ

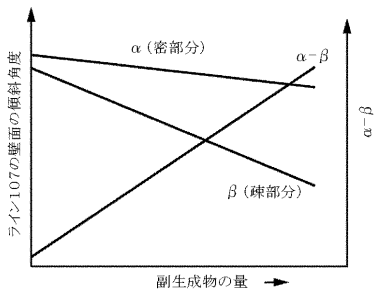
【図６】


ライン17の壁面の傾斜角度(deg)
α
β
α−β
α−β(deg)
COガス流量(sccm)

【図７】


（ａ）
密部分
疎部分
101
開口部
103
104
L
S
102
100
シリコン層
Si
（ｂ）シリコン層100のエッチング工程
（Cl2ガス）のプラズマ
副生成物
106
（ｃ）
105
107
α
β
S'

【図８】


α（密部分）
α−β
β（疎部分）
ライン107の壁面の傾斜角度
副生成物の量
α−β

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平１０－０７０１０４（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１５０６３２（ＪＰ，Ａ）
特表２００３－５１１８５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／３０６５
Ｈ０１Ｌ　２１／７６