

(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
2015年11月12日(12.11.2015)



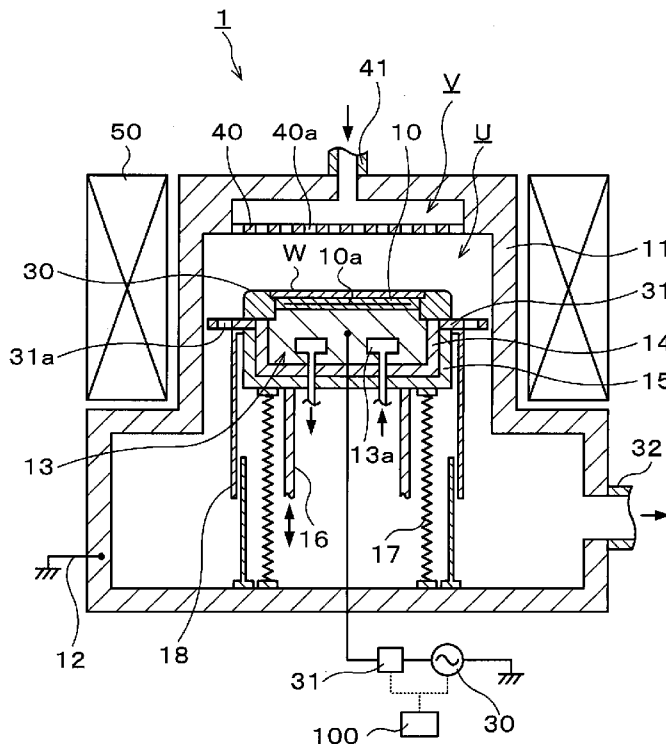
(10) 国際公開番号
WO 2015/170676 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063065
- (22) 国際出願日: 2015年5月1日(01.05.2015)
- (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 2014-096059 2014年5月7日(07.05.2014) JP
- (71) 出願人: 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: 雨宮 宏樹 (AMEMIYA, Hiroki); 〒1838705 東京都府中市住吉町2-30-7 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 金本 哲男, 外 (KANEMOTO, Tetsuo et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町1-20 角張ビル はづき国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: PLASMA ETCHING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマエッチング処理方法



(57) Abstract: A method for plasma etching a SiC film that is formed with an etching mask and is on a wafer (W), wherein a processing vessel is supplied with a mixed gas comprising a noble gas and a process gas that includes SF₆ gas and O₂ gas, and the SiC film is etched by the mixed gas plasma. This etching is conducted using a magnetron RIE device.

(57) 要約: エッチングマスクが形成されたウェハ W 上の SiC 膜を処理容器内でプラズマエッチング処理する方法であって、処理容器内に、SF₆ ガス及び O₂ ガスを含有する処理ガスと、希ガスと、を混合した混合ガスを供給して、当該混合ガスのプラズマにより前記 SiC 膜をエッチング処理する。当該エッチング処理は、マグネトロン RIE 装置を用いて行われる。

WO 2015/170676 A1

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処理方法

技術分野

[0001] (関連出願の相互参照)

本願は、2014年5月7日に日本国に出願された特願2014-096059号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

[0002] 本発明は、被処理体をプラズマエッチング処理する方法に関する。

背景技術

[0003] 近年、半導体を用いたパワーデバイスにおいては、パワーデバイスの微細化及びオン抵抗の低減のための構造として、トレンチ型のゲートを用いたものが主流になりつつある。このトレンチ型のゲートは通常、プラズマを用いたドライエッチングにより形成される。

[0004] 近年、このパワーデバイス材料のとして、従来のシリコンに比べて高耐圧、低オン抵抗を実現する材料として、SiC（炭化ケイ素）の利用が期待されている。しかしながら、ドライエッチングによりSiCにトレンチを形成する場合、トレンチの底部が平坦にならず、トレンチの両端に小さなトレンチが発生する、いわゆるマイクロトレンチが問題となる。

[0005] そこで、特許文献1には、ドライエッチングに誘導結合プラズマを用い、エッチングガスの流量比、処理容器内の圧力、及び誘導結合プラズマの生成電力を適切に設定することで、マイクロトレンチを抑制する方法が提案されている。特許文献1の方法によれば、エッチングガスとして例えばSF₆、O₂、Arの混合ガスを用い、処理容器内の圧力を2.5Pa～2.7Pa、プラズマの生成電力を500W～600Wの範囲で設定することで、マイクロトレンチの発生を抑えつつSiC基板をエッチングすることができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-188221号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、特許文献1の方法によりエッチングを行った場合、エッチングレートやトレンチの形状といった点において再現性が十分でなく、処理の安定性に欠けるという問題があった。
- [0008] また、SiCは電子移動度に結晶の面方位依存性があるため、エッチングにより形成するトレンチの側壁の角度はより垂直に近いことが好ましい。しかしながら、現状ではトレンチ側壁の角度は 87° 程度が限界であり、さらなるトレンチ形状の向上が望まれている。
- [0009] 本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、SiC膜に対して、安定したプラズマエッチング処理を行い、且つ所望の形状で加工を施すことを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記目的を達成するため、本発明は、エッチングマスクが形成されたSiC膜を処理容器内でプラズマエッチング処理する方法であって、前記処理容器内に、SF₆ガス及びO₂ガスを含有する処理ガスと、希ガスと、を混合した混合ガスを供給して、当該混合ガスのプラズマにより前記SiC膜をエッチング処理し、前記エッチング処理は、マグネトロンRIE装置を用いて行われることを特徴としている。
- [0011] 一般に、プラズマエッチング処理の安定性は、処理容器内の圧力や基板上のプラズマの密度が高いほど向上する。また、トレンチ形状をより垂直に近づけるためには、基板に近い位置にプラズマを発生させて、プラズマ中のラジカルやイオンを失活させることなく基板に到達させる必要がある。そして、本発明者は、この点について鋭意検討し、マグネトロンRIE装置を用いることで、誘導結合プラズマを用いた場合と比較して、高密度のプラズマを生成し、且つ基板に近い位置にプラズマを発生させることができるとの知見を得た。本発明者によれば、マグネトロンRIE装置を用いることで、誘導結合プラズマを用いた場合と比較してプラズマシースの厚みを薄くすること

ができ、基板に近い位置で高密度なプラズマを生成することができるものと推察される。

[0012] 本発明は、このような知見に基づくものであり、S F 6 ガス及びO 2 ガスを含有する処理ガスと、A r ガスやH e ガスといった希ガスと、を混合した混合ガスを供給して、当該混合ガスのプラズマにより前記S i C膜をエッチング処理するにあたり、マグネトロンR I E装置を用いるので、処理容器内において、基板に近い位置で高密のプラズマを生成することができる。その結果、プラズマエッチング処理の安定性を向上させると共に、プラズマ中のラジカルやイオンを失活させることなく基板に到達させることができるので、マイクロトレンチの発生を抑制し、且つトレンチ側壁の角度をより垂直に近いものとすることができる。したがって本発明によれば、S i C膜に対して、安定したプラズマエッチング処理を行い、且つ所望の形状で加工を施すことができる。

[0013] 別の観点による本発明は、エッチングマスクが形成されたS i C膜を処理容器内でプラズマエッチング処理する方法であって、前記処理容器内にH B r ガスを含有する処理ガスを供給して、当該処理ガスのプラズマにより前記S i C膜をエッチング処理し、前記エッチング処理中の前記処理容器内の圧力を2. 0 P a ~ 1 3. 3 P a に維持し、前記エッチング処理は、マグネトロンR I E装置を用いて行われ、前記処理ガスのプラズマは、4 0 0 ~ 2 0 0 0 Wの高周波電力により生成することを特徴としている。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、S i C膜に対して、安定したプラズマエッチング処理を行い、且つ所望の形状で加工を施すことができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施の形態にかかるプラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。

[図2]ウェハ上のS i C膜にエッチングマスクが形成された状態を模式的に示す断面図である。

[図3] SiC膜をエッチング処理した状態を模式的に示す断面図である。

[図4] トレンチ形状を模式的に示す縦断面図である。

[図5] トレンチ形状を模式的に示す縦断面図である。

[図6] トレンチ形状を模式的に示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施の形態の一例について、図を参照して説明する。図1は、本発明の実施の形態に係るプラズマエッチング処理を行うプラズマ処理装置1の概略の構成を示す縦断面図である。本実施の形態におけるプラズマ処理装置1はいわゆるマグネトロンR I E装置である。

[0017] プラズマ処理装置1は、シリコン基板であるウェハWを載置して保持する、載置台としてのウェハチャック10が設けられた略円筒状の処理容器11を有している。処理容器11は、例えばアルミニウム等の導電性の金属により形成され、接地線12により電氣的に接地された状態となっている。また、処理容器11の内壁の表面には、耐プラズマ性を向上させるために、例えば陽極酸化処理を施して酸化アルミニウム膜層（図示せず）が形成されている。

[0018] ウェハチャック10は、その下面を下部電極としてのサセプタ13により支持されている。サセプタ13は、例えばアルミニウム等の導電性金属により略円盤状に形成されている。ウェハチャック10の内部には電極（図示せず）が設けられており、当該電極に直流電圧を印加することにより生じる静電気力でウェハWを吸着保持することができるように構成されている。また、ウェハチャック10の内部には、ヒータ10aが設けられており、ウェハチャック10を介して当該ウェハチャック10に保持されるウェハWを所定の温度に加熱することができる。ヒータ10aとしては、例えば電気ヒータが用いられる。また、サセプタ13の内部には、冷媒が流れる冷媒路13aが例えば円環状に設けられており、当該冷媒路13aの供給する冷媒の温度を制御することにより、ウェハチャック10の温度を制御することができる。

- [0019] サセプタ 13 のウェハチャック 10 と対向する面以外の部分は、例えばセラミックスにより構成された絶縁部材 14 により覆われている。絶縁部材 14 のサセプタ 13 と反対側の面は、例えばアルミニウム等の導電性金属により構成された導電部材 15 により覆われている。
- [0020] サセプタ 13 は、例えば導電部材 15 の下面に接続された昇降機構 16 により上下動自在に構成されている。導電部材 15 下面における昇降機構 16 が接続された箇所よりも外方には、例えばステンレスにより構成されたベローズ 17 が下方に延伸して設けられている。ベローズ 17 の導電部材 15 と接続されている側と反対側の端部は、処理容器 11 の底面に接続されている。処理容器 11 のベローズ 17 と接続される部分は、上述の酸化アルミニウム膜層が除去されている。これにより導電部材 15 はベローズ 17 及び処理容器 11 を介して接地されている。ベローズ 17 の外方には、当該ベローズ 17 を囲むようにベローズカバー 18 が設けられている。
- [0021] サセプタ 13 には、当該サセプタ 13 に高周波電力を供給してプラズマを生成するための高周波電源 20 が、整合器 21 を介して電氣的に接続されている。高周波電源 20 は、例えば 27 ~ 100 MHz の周波数、本実施の形態では例えば 40 MHz の高周波電力を出力するように構成されている。整合器 21 は、高周波電源 20 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスをマッチングさせるものであり、処理容器 11 内にプラズマが生成されているときに、高周波電源 20 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとが見かけ上一致するように作用する。高周波電源 20 及び整合器 21 は、後述する制御部 100 に接続されており、これらの動作は制御部 100 により制御される。
- [0022] サセプタ 13 の上面であってウェハチャック 10 の外周部には、プラズマ処理の均一性を向上させるための、例えば絶縁材料により形成されたフォーカスリング 30 が設けられている。また、サセプタ 13 を覆う絶縁部材 14 の側面には、フォーカスリング 30 の下面と導電部材 15 の上端とに挟まれた、略円環状のバッフル板 31 が配置されている。バッフル板 31 は、例え

ば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムなどの導電性材料により構成されている。また、バッフル板 31 は、例えば導電性のネジ（図示せず）により導電部材 15 と電氣的に接続されている。これにより、バッフル板 31 も導電部材 15 と同様に、ベローズ 17 と処理容器 11 を介して接地される。その結果、バッフル板 31 よりも上方の処理容器 11 内壁とバッフル板 31 とが、下部電極としてのサセプタ 13 の対向電極として機能する。したがって、バッフル板 31 の上面と処理容器 11 とで囲まれる処理空間 U の内部にプラズマを閉じ込めることができる。

[0023] また、バッフル板 31 には、当該バッフル板 31 を厚み方向に貫通する複数のスリット 31 a が形成されている。処理容器 11 におけるバッフル板 31 よりも下方には、処理容器 11 内を排気する排気機構（図示せず）に接続された排気管 32 が接続されている。したがって、処理空間 U 内は、バッフル板 31 のスリット 31 a を介して排気管 32 から排気されて、所定の真空度に維持される。

[0024] 下部電極であるサセプタ 13 の上方、即ちウェハチャック 10 の上面と対向する処理容器 11 内の内壁面には、略円盤状に形成された上部電極 40 が設けられている。上部電極 40 には、当該上部電極 40 を厚み方向に貫通する複数のガス供給孔 40 a が形成されている。上部電極 40 と処理容器 11 とで囲まれるガス拡散室 V には、ガス供給管 41 が接続されている。ガス供給管 41 には、所定の処理ガスを供給する処理ガス供給源（図示せず）と、処理ガスに添加する添加ガスを供給する添加ガス供給源（図示せず）が接続されている。したがって、ガス供給管 41 を介してガス拡散室 V 内に供給された処理ガスと、添加ガスとの混合ガスは、ガス供給孔 40 a を介して処理空間 U 内に供給される。ガス供給源から供給される処理ガスは、例えば S F₆ ガス及び O₂ ガスを含有するガスであり、添加ガス供給源から供給される添加ガスは、希ガスである例えば A r ガスや H e ガス、N e ガス、K r ガス、X e ガス、R n ガスなどを用いることができる。なお、本実施の形態においては、例えば添加ガスとして A r ガスが用いられる。

- [0025] 処理容器 11 の外部であって、上部電極 40 及びサセプタ 13 に対応する位置には、下部電極であるサセプタ 13 と上部電極 40 との間に形成されるプラズマ領域を囲うようにしてリング磁石 50 が、処理容器 11 と同心円状に配置されている。リング磁石 50 により、バッフル板 31 と上部電極 42 との間の処理空間 U に磁場を印加することができる。
- [0026] 以上のプラズマ処理装置 1 には、既述のように制御部 100 が設けられている。制御部 100 は、例えばコンピュータであり、プログラム格納部（図示せず）を有している。プログラム格納部には、高周波電源 20 や整合器 21 などを制御して、プラズマ処理装置 1 を動作させるためのプログラムも格納されている。
- [0027] なお、上記のプログラムは、例えばコンピュータ読み取り可能なハードディスク（HD）、フレキシブルディスク（FD）、コンパクトディスク（CD）、マグネットオプティカルディスク（MO）、メモリーカードなどのコンピュータに読み取り可能な記憶媒体に記録されていたものであって、その記憶媒体から制御部 100 にインストールされたものであってもよい。
- [0028] 本実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 は以上のように構成されており、次に、本実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 におけるプラズマエッチング処理について説明する。
- [0029] プラズマエッチング処理にあたっては、まず、処理容器 11 内にウェハ W が搬入され、ウェハチャック 10 上に載置されて保持される。このウェハ W には、例えば図 2 に示すように、エッチングマスクとして予め TEOS（Tetraethyl Orthosilicate）を原料としたシリコン酸化膜 200 が形成されている。シリコン酸化膜 200 の下面には、被処理体としての SiC 膜 201 が形成されている。なお、図 2 では、ウェハ W の上面に SiC 膜 201 が形成されている状態を描図しているが、SiC 膜 201 の態様としてはウェハ W 上に成膜されたものに限定されず、例えばウェハ W そのものが SiC 基板であってもよい。係る場合、当該 SiC 基板上にシリコン酸化膜 200 が形成されていてもよい。

- [0030] ウェハWがウェハチャック10に保持されると、排気管32を介して処理容器11内が排気され、それと共にガス供給管41から、処理ガスが所定の流量で処理容器11内に供給される。この際の処理ガスには、SF₆/O₂/Arの混合ガスが用いられる。当該混合ガスの流量比は、2～1：1～1.3：366.7～88とすることが好ましく、本実施の形態では、例えばそれぞれ8/10/880 sccmの流量で供給される。
- [0031] それと共に、高周波電源20により、下部電極であるサセプタ13に例えば500～1300W、本実施の形態では概ね500Wの電力で高周波電力を連続的に印加する。これにより、処理容器11内に供給された混合ガスは、上部電極40とサセプタ13との間でプラズマ化される。この際リング磁石50により概ね100～300ガウス（10mT～30mT（テスラ））の磁束密度で処理容器11内に磁場が印加される。このリング磁石50の磁場により、上部電極40とサセプタ13の間にプラズマが閉じ込められる。また、この際、処理容器11内の圧力は4.7Pa～13.3Paに維持され、ウェハチャック10上のウェハWは60～80℃に維持される。
- [0032] そして、処理容器11内のプラズマにより生成される混合ガスのイオンやラジカルにより、図3に示すように、シリコン酸化膜200をマスクとしてSiC膜201がエッチング処理される。この際、リング磁石50の磁場により、ウェハWの上面近傍に高密度なプラズマが生成される。その結果、プラズマエッチング処理の安定性を向上させると共に、プラズマ中のラジカルやイオンを失活させることなくウェハWに到達させることができるので、マイクロトレンチの発生を抑制し、且つSiC膜201を所望の形状にエッチング処理することができる。具体的には、図4に示すように、ウェハWの上面に対して概ね垂直な側壁210と、ウェハWの上面に対して平行で且つ平坦な底面211を有するトレンチ212を形成できる。また、SF₆/O₂/Arの混合ガスの流量比を、2～1：1～1.3：366.7～88に設定すると共に、プラズマ発生のため的高周波電力を500～1300Wの範囲に、処理容器11内の圧力を、従来の誘導結合プラズマ装置と比較して高

い4. 7 Pa～13. 3 Paの範囲に設定することで、例えば概ね500～1000 nm／分の高いエッチングレートでSiC膜201をエッチング処理することができる。

[0033] そして、SiC膜201を所定の深さ、例えば1700～2600 nmにエッチング処理した後、高周波電源20による高周波電圧の印加及びを停止する。その後、ウェハWを処理容器11から搬出し、一連のエッチング処理が終了する。

[0034] 以上の実施の形態によれば、プラズマ処理装置1としてマグネトロンRIE装置を用い、処理容器11内にSF6ガス及びO2ガスを含有する処理ガスと、Arガスとを混合した混合ガスを供給して、当該混合ガスのプラズマによりSiC膜201をプラズマエッチング処理するので処理容器11内において、ウェハWに近い位置で高密のプラズマを生成することができる。その結果、プラズマエッチング処理の安定性を向上させると共に、プラズマ中のラジカルやイオンを失活させることなくウェハWに到達させることができるので、マイクロトレンチの発生を抑制し、且つトレンチ212の側壁210の角度をより垂直に近いものとすることができる。したがって本発明によれば、SiC膜201に対して、安定したプラズマエッチング処理を行い、且つ所望の形状で加工を施すことができる。

[0035] ところで、SiCは物理的に硬い材料であり、且つ化学的に安定した難エッチング材料である。そして、特許文献1のように、誘導結合プラズマを用いたドライエッチングでは、エッチングレートが低く、生産性の観点から、更なるエッチングレートの向上が望まれている。

[0036] エッチングレートを向上させるには、一般にプラズマのパワーを増加させたり、反応性ガスであるSF6の流量比を増加させたりすればよいが、特許文献1によれば、エッチングレートを高くすると、マイクロトレンチが発生してしまう。この点、本実施の形態では、SF6／O2／Arの混合ガスの流量比を、2～1：1～1.3：366.7～88に設定すると共に、プラズマ発生のための高周波電力を500～1300 Wの範囲に、処理容器11

内の圧力を、従来の誘導結合プラズマ装置と比較して高い4.7 Pa～13.3 Paの範囲に設定することで、例えば概ね500～1000 nm/分の高いエッチングレートで且つ所望の形状でSiC膜201をエッチング処理することができる。

[0037] また、本発明者によれば、プラズマエッチング処理の際にウェハWの温度、換言すればSiC膜201の温度を60℃～80℃に維持することで、より垂直な側壁210と、平坦な底面を有するトレンチ212を形成できることが確認されている。なお、従来のプラズマエッチング処理においては、ウェハWの温度は概ね-15℃～10℃の間に設定されている。

[0038] なお以上の実施の形態では、SF₆ガス及びO₂ガスを含有する処理ガスに添加する添加ガスとしてArガスを用いたが、既述のとおり、添加ガスとしてはArガスに代えてHeガスなどの他の希ガスを用いてもよい。本発明者によれば、添加ガスとしてHeガスを用いた場合であっても、Arガスを用いた場合と同様の効果が得られることが、後述の比較試験により確認されている。また、本発明者によれば、エッチング処理後のSiC膜201の側壁210には、混合ガスに由来すると思われる堆積物が付着していることが確認されているが、添加ガスとしてHeガスを用いた場合、この堆積物が減少することが確認されている。したがって、添加ガスとしてHeを用いることで、より良好な形状の側壁210を有するトレンチ212の形成が期待できる。

[0039] 以上の実施の形態では、プラズマエッチング処理を行うための混合ガスとしてSF₆/O₂/Arの混合ガスを用いたが、この混合ガスに、SiF₄ガスをさらに混合したガスを用いてもよい。本発明者が、後述の比較試験を行って鋭意調査したところ、SiF₄ガスを混合することで、エッチングレートが向上すると共に、トレンチ212の側壁210がより垂直に近いものになることが確認されている。

[0040] また、プラズマエッチング処理を行うための混合ガスとしては、SF₆ガス及びO₂ガスを含有する処理ガスに、HBrガスを混合した混合ガスを用

いてもよい。また、HBrガスを混合する場合、処理ガスのSF₆ガスに代えてNF₃ガスを用いてもよい。本発明者が後述の比較試験を行って鋭意調査したところ、混合ガスとしてHBr/SF₆/O₂を用いる場合、当該混合ガスの流量比は、13～20：0～3：1とすることが好ましく、HBrガスをを用いる場合、SF₆ガスは必ずしも用いる必要はないことが確認されている。また、混合ガスとしてHBr/NF₃/O₂を用いる場合、当該混合ガスの流量比は、13～20：3～5：1とすることが好ましく、例えばそれぞれ205/45/15 sccmの流量で供給してもよい。

[0041] 混合ガスとしてHBr/SF₆/O₂やHBr/NF₃/O₂を用いる場合、高周波電力の印加にあたっては、高周波電源20により、下部電極であるサセプタ13に例えば400～2000W、より好ましくは400W～700Wの電力で高周波電力を連続的に印加する。これにより、処理容器11内に供給された処理ガスは、上部電極40とサセプタ13との間でプラズマ化される。この際リング磁石50により概ね100～300ガウス（10mT～30mT（テスラ））の磁束密度で処理容器11内に磁場が印加される。このリング磁石50の磁場により、上部電極40とサセプタ13の間にプラズマが閉じ込められる。また、この際、処理容器11内の圧力は2.0Pa～6.7Pa、より好ましくは3.3Pa～6.7Paに維持され、ウェハチャック10上のウェハWは60～80℃に維持される。

[0042] そして、処理容器11内のプラズマにより生成される処理ガスのイオンやラジカルにより、シリコン酸化膜200をマスクとしてSiC膜201がエッチング処理される。この際、リング磁石50の磁場により、ウェハWの上面近傍に高密度なプラズマが生成されるので、例えば500～600nm/分の高いエッチングレートでSiC膜201がエッチング処理される。また、処理容器11内の圧力が2.0Pa～6.7Paと、従来の誘導結合プラズマ装置と比較して高い圧力に設定されているので、誘導結合プラズマ装置よりも高密度なプラズマによる処理を行うことができる。

[0043] さらに、マグネトロンRIE装置であるプラズマ処理装置1において、処

理ガスとして、HBrガスを含有したガスを用いると共にプラズマ発生のための高周波電力を400～2000Wの範囲とすることで、SiC膜201を所望の形状にエッチング処理することができる。具体的には、図4に示すように、ウェハWの上面に対して概ね垂直な側壁210と、ウェハWの上面に対して平行で且つ平坦な底面211を有するトレンチ212を形成できる。

[0044] また、混合ガスとしてHBr/SF₆/O₂の混合ガス、またはHBr/NF₃/O₂の混合ガスを用いる場合、当該混合ガスに、Arを添加してもよい。本発明者が後述の比較試験を行って鋭意調査したところ、Arを添加することで、トレンチ212の形状をさらに改善させることができることが確認されている。なお、Arを添加した、例えばHBr/NF₃/O₂/Arの混合ガスを供給する場合には、その流量比は、13～20/3～5/1/1～67とすることが好ましい。なお、Arに代えて他の希ガスを添加してもよく、本発明者によれば、Ar以外の希ガスを用いた場合においても同様の効果が得られることが確認されている。

実施例

[0045] 実施例として、シリコン酸化膜200をエッチングマスクとして、ウェハW上に成膜されたSiC膜201に対してエッチング処理を行い、エッチング処理時の諸条件がエッチング後のSiC膜201の形状やエッチングレートなどに与える影響について確認試験を行った。この際、マスクとしてのシリコン酸化膜200の厚みは1200nm～2000nmとし、SiC膜のエッチング深さの目標値は2000nmとした。処理ガスとしては、SF₆/O₂/Arを用い、処理容器11内の圧力を4.7～16.6Paの範囲で、高周波電源20の電力を500～1500Wの範囲で、ウェハチャック10の設定温度を60℃～80℃の範囲でそれぞれ変化させた。

[0046] 確認試験における具体的な確認項目は、図4に示す、トレンチ212の側壁210の角度 θ と、トレンチ212の底面211の形状、トレンチ212のエッチングレートである。なお、好ましいトレンチ212の形状としては

、トレンチ212の側壁210の角度 θ が概ね 85° 以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な形状である。なお、SiC膜は電子移動度に結晶の面方位依存性があることから、トレンチ212の側壁210の角度 θ は、 90° であることがより好ましい。

[0047] 先ず、高周波電源20の電力を500W、100W、1250W、1500Wと変化させた場合について確認試験を行った（確認試験1）。この際の処理容器11内の圧力は、6.7Pa（50mTorr）、ウェハチャック10の設定温度は 60°C であり、SF₆/O₂/Arの混合ガスを、それぞれ8/10/880sccm流量比で供給した。

[0048] 確認試験1の結果、高周波電源20の電力を概ね1500Wとした場合、側壁210の角度 θ が、電力が1250W以下の場合と比較して低下すると共に、トレンチ212の底面211に、図5に示すようなマイクロトレンチ220が発生してしまうことが確認された。その一方、高周波電源20の電力を概ね1250W以下とした場合は、図4に示すような、理想的なトレンチ212の形状、即ち、トレンチ212の側壁210の角度 θ が概ね 85° 以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な底面211を有するトレンチ212を形成できることが確認された。

[0049] 次に、処理容器11内の圧力を4.7Pa、6.7Pa、10.0Pa、13.3Pa、16.6Paと変化させた場合について確認試験を行った（確認試験2）。この際の高周波電源の電力は1200W、ウェハチャック10の設定温度は 60°C であり、SF₆/O₂/Arの混合ガスを、それぞれ8/10/440sccm流量比で供給した。

[0050] 確認試験2の結果、処理容器11内の圧力を4.7Pa～13.3Paとした場合、理想的なトレンチ212の形状、即ち、トレンチ212の側壁210の角度 θ が概ね 85° 以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な底面211を有するトレンチ

212を形成できることが確認された。その一方、圧力を16.6Paとした場合、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチの発生が確認された。この結果から、処理容器11内の圧力は、4.7Pa~13.3Paとすることが好ましいと言える。

[0051] また、エッチングレートについては、圧力を4.7Paとした場合、概ね500nm/分、10.0Paとした場合、概ね610nm/分、13.3Paとした場合、概ね700nm/分であり、圧力を高くするほどエッチングレートが向上することが確認された。これは、処理容器11内の圧力を高くするほどプラズマ密度が向上し、ウェハWに到達するラジカルやイオンが増加することによるものであると推察される。

[0052] 次に、SF₆/O₂/Arの混合ガスのうち、O₂ガスを5sccmで、Arガスを880sccmで供給し、SF₆の流量を、3scc、4sccm、5sccm、10sccm、20sccmと変化した場合について確認試験を行った（確認試験3）。この際の高周波電源の電力は500W、ウェハチャック10の設定温度は60℃であり、処理容器11内の圧力は6.7Paとした。

[0053] 確認試験3の結果、SF₆の流量を4~10sccmとした場合、理想的なトレンチ212の形状、即ち、トレンチ212の側壁210の角度θが概ね85°以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な底面211を有するトレンチ212を形成できることが確認された。その一方、SF₆の流量を3sccm、20sccmとした場合、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチの発生が確認された。この結果から、SF₆/O₂の混合ガスの流量比は、概ね2~1:1~1.3とすることが好ましいと言える。

[0054] また、SF₆/O₂/Arの混合ガスのうち、Arガスを880sccmで供給しSF₆/O₂の流量を、4/5sccm、8/10sccm、16/20sccmと変化した場合についても確認試験を行った（確認試験4）。この際の高周波電源の電力は500W、ウェハチャック10の設定温度

は60℃であり、処理容器11内の圧力は6.7Paとした。

[0055] 確認試験4の結果、SF₆/O₂の流量を、4/5sccm、8/10sccmとした場合、良好なトレンチ形状が得られたが、SF₆/O₂の流量を、16/20sccmとした場合、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチの発生が確認された。この結果から、SF₆/O₂の混合の総和は、概ね18sccm以下とすることが好ましいと言える。

[0056] 次に、SF₆/O₂/Arの混合ガスのうち、SF₆ガスを6sccm、O₂ガスを3sccmで供給し、Arガスの流量を、220sccm、440sccm、660sccm、880sccm、1100sccmと変化させた場合についても確認試験を行った（確認試験5）。この際の高周波電源の電力は1000W、ウェハチャック10の設定温度は60℃であり、処理容器11内の圧力は13.3Paとした。

[0057] 確認試験5の結果、Arガスの流量を、440sccm以上とした場合、良好なトレンチ形状が得られたが、Arガスの流量を220sccmとした場合、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチの発生が確認された。この結果から、Arガスの流量の下限値が概ね220sccmと440sccm間に存在するため、Arガスの流量はこの下限値以上とすることが好ましいと言える。なお、Arガスの流量を440sccmとした場合、SiC膜201とエッチングマスクとしてのシリコン酸化膜200とのエッチング選択比は概ね5.2であり、それ以外の条件では概ね4.1~4.3であった。このことから、エッチング選択比はArガスの流量に比例するのではなく、極大点が存在することが確認された。また、この確認試験5、及び上記の確認試験3、4の結果から、SF₆/O₂/Arの混合ガスの流量比は、概ね2~1:1~1.3:366.7~88とすることが好ましいと言える。

[0058] 次に、SF₆/O₂/Arの混合ガスを、6/7/440sccmで供給し、さらにSiF₄ガスを12sccm、24sccm、36sccm混合した場合についても確認試験を行った（確認試験6）。この際の高周波電源

の電力は1250W、ウェハチャック10の設定温度は60℃であり、処理容器11内の圧力は13.3Paとした。

[0059] 確認試験6の結果、SiF₄ガスを12sccm、24sccmとした場合、良好なトレンチ形状が得られたが、SiF₄ガスの流量を36sccmとした場合、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチの発生が確認された。この結果から、SF₆:SiF₄の比は、概ね0超~1:4の範囲で設定することが好ましいと言える。また、SiF₄ガスを混合することで、エッチングレートが例えば900nm/分~1050nm/分程度となることが確認されており、SiF₄を添加していない確認試験2と比較して、大幅にエッチングレートが向上していることが確認された。

[0060] また、SF₆/O₂/Arの混合ガスに代えて、SF₆/O₂/Heの混合ガスを用いた場合についても確認試験を行った（確認試験7）。この際のSF₆/O₂/Heの混合ガスの流量は6/3/880sccmとし、高周波電源の電力は1000W、ウェハチャック10の設定温度は60℃であり、処理容器11内の圧力は13.3Paとした。

[0061] 確認試験7の結果、Arガスを用いた場合と同様に、良好なトレンチ形状が得られた。したがってこの結果から、Arガスに代えて他の希ガスであるHeガスを用いてもよいことが確認された。なお、既述の通り、ArガスやHeガスに代えて他の希ガスを添加してもよく、本発明者によれば、ArガスやHeガス以外の希ガスを用いた場合においても同様の効果が得られることが確認されている。また、本発明者によれば、ArガスやHeガスといった希ガスは同時に添加してもよい。換言すれば、SF₆ガス及びO₂ガスを含有する処理ガスに、ArガスやHeガスといった希ガスの少なくともいずれかのガスを混合することで、SiC膜に対して、所望の形状で加工を施すことができる。なお、希ガスとして例えばArガスとHeガスを同時に添加する場合を例にすると、ArガスとHeガスの流量の総和を希ガスの流量としてとらえ、SF₆/O₂/希ガスの混合ガスの流量比を、概ね2~1:1~1.3:366.7~88の範囲で設定すればよい。

[0062] また、 $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{Ar}$ の混合ガスに代えて、 $\text{HBr}/\text{NF}_3/\text{O}_2$ の混合ガスを用いた場合についても確認試験を行った。この際も、シリコン酸化膜200をエッチングマスクとして、ウェハW上に成膜されたSiC膜201に対してエッチング処理を行い、エッチング処理時の諸条件がエッチング後のSiC膜201の形状やエッチングレートなどに与える影響について確認試験を行った。この際、マスクとしてのシリコン酸化膜200の厚みは1200nm～2000nmとし、SiC膜のエッチング深さの目標値は2000nmとした。また、SiC膜201上に形成されたマスクとしてのシリコン酸化膜200のピッチ（図4のP）は、1 μm のものと3 μm を用いた。換言すれば、エッチングにより、SiC膜201に幅1 μm のトレンチと、幅3 μm のトレンチ212を形成した。処理ガスとしては、 $\text{HBr}/\text{NF}_3/\text{O}_2$ の混合ガスを、それぞれ205/45/15sccmの流量比で供給し、処理容器11内の圧力を3.3～6.7Paの範囲で、高周波電源20の電力を500～1500Wの範囲で、ウェハチャック10の設定温度を60℃～80℃の範囲でそれぞれ変化させた。また、処理ガスにArを添加した場合と、HBrガスのみでエッチング処理を行った場合についても併せて確認試験を行った。

[0063] 確認試験における確認項目は、 $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{Ar}$ の混合ガスを用いた場合と同様に、図4に示す、トレンチ212の側壁210の角度 θ と、トレンチ212の底面211の形状、トレンチ212のエッチングレートである。また、トレンチ212とエッチングマスクとしてのシリコン酸化膜200とのエッチング選択比についても確認を行っている。さらに、1 μm 幅のトレンチ212の深さと3 μm 幅のトレンチ212の深さの比についても確認し、マイクロローディング効果についても調査した。なお、好ましいトレンチ212の形状としては、トレンチ212の側壁210の角度 θ が概ね85°以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な形状である。なお、SiC膜は電子移動度に結晶の面方位依存性があることから、トレンチ212の側壁210の角度 θ は、90°

であることがより好ましい。

[0064] 先ず、高周波電源20の電力を500W、650W、1500Wと変化させた場合について確認試験を行った（確認試験8）。この際の処理容器11内の圧力は、3.3Pa（25mTorr）、ウェハチャック10の設定温度は60℃であり、処理ガスへのArガスの添加は行っていない。

[0065] 図5は、高周波電源20の電力を概ね700Wより高くした場合の、SiC膜201におけるトレンチ212の形状を模式的に示した縦断面図である。確認試験8の結果、高周波電源20の電力を概ね1500Wとした場合、1μm幅のトレンチ212と3μm幅のトレンチ212のいずれにおいても、側壁210の角度θが85°を下回り、また、トレンチ212の底面211にマイクロトレンチ220が発生してしまうことが確認された。その一方、高周波電源20の電力を概ね700W以下、本確認試験では、500W及び650Wとした場合は、図4に示すような、理想的なトレンチ212の形状、即ち、トレンチ212の側壁210の角度θが概ね85°以上であり、トレンチ212の底面211にいわゆるマイクロトレンチが発生していない平坦な底面211を有するトレンチ212を形成できることが確認された。具体的な角度θは、電力500Wにおいて1μm幅のトレンチ212で約90°、3μm幅のトレンチ212で約91°、電力650Wにおいて1μm幅のトレンチ212で約89°、3μm幅のトレンチ212で約90°であった。

[0066] なお、この際のSiC膜201のエッチングレートは、電力500Wにおいて1μm幅のトレンチ212で約178nm/分、3μm幅のトレンチ212で約184nm/分、電力650Wにおいて1μm幅のトレンチ212で約259nm/分、3μm幅のトレンチ212で約263nm/分、電力1500Wにおいて1μm幅のトレンチ212で約563nm/分、3μm幅のトレンチ212で約565nm/分であることが確認されている。この結果から、電力Wを大きくすると、エッチングレートは向上するものの、トレンチ212の形状は悪化することが確認できた。なお、本発明者によれば

、必要なエッチングレートを確保するためには、高周波の電力は400W以上とすることが好ましい。したがって、プラズマエッチング処理における電力は、400W～700Wとすることが好ましいと言える。

[0067] また、1 μ m幅のトレンチ212の深さと3 μ m幅のトレンチ212の深さの比についても、上述のエッチングレートから、電力500Wにおいて約97%、電力650Wにおいて約98%であることが確認できる。したがって、本発明によれば、マイクロローディング効果によるトレンチ深さの差を極めて小さく抑えることができ、粗密を有するパターンにおいても良好にトレンチを形成できる。

[0068] 次に、処理ガスにArガスを添加して電力1500Wで同様のエッチング処理を行った（確認試験9）。その際のArガスの添加量は、300 sccm、600 sccmとした。Arを添加した確認試験9の結果、トレンチ212の角度 θ は、300 sccmの添加量において概ね87°、600 sccmの添加量において概ね87.5°に改善することが確認された。また、トレンチ212の底面211へのマイクロトレンチの発生も確認されなかった。なお、Arガスを添加した際のエッチングレートは、いずれも概ね565 nm/分であり、Arガスの添加量の大小によるエッチングレートの変化は見られなかった。

[0069] この結果から、処理ガスへのArガスの添加により、1500Wの高い電力によるエッチング処理を行ってもトレンチ形状の悪化を抑制できることが確認できる。換言すれば、高い電力でエッチング処理を行うことで、エッチングレートを向上させつつ、良好な形状のトレンチ212を得ることができる。

[0070] また、処理ガスとしてHBrガスのみを供給して電力1500Wで同様のエッチング処理を行った（確認試験10）。その際のHBrガスの流量は250 sccmとした。確認試験10の結果、エッチングレートは1 μ m幅のトレンチ212で約530 nm/分であり、3 μ m幅のトレンチ212で約620 nm/分であった。この結果から、処理ガスとしてHBrガスを用い

ることで、良好なレートでエッチングできることが確認された。

[0071] 次に、ウェハチャック 10 の設定温度を 60℃及び80℃とした場合について確認試験を行った（確認試験 11）。この際の高周波電源の電力は 650W、処理容器 11 内の圧力は 3.3Pa（25mTorr）Paであり、処理ガスへの Ar ガスの添加は行っていない。

[0072] 確認試験 11 においてウェハチャック 10 の設定温度を 60℃とした場合、1μm幅のトレンチ 212 及び3μm幅のトレンチ 212 のいずれにおいても、図 6 に示すように、トレンチ 212 の底面 211 へのマイクロトレンチ 220 の発生は概ね抑制されており、側壁 210 の角度 θ も概ね 86° 以上の角度 θ が得られることが確認された。また、ウェハチャック 10 の設定温度を 80℃とした場合、60℃とした場合と比較してマイクロトレンチ 220 はさらに改善されていることが確認された。

[0073] また、ウェハチャック 10 の設定温度を 60℃及び80℃とした場合のエッチングの選択比は、それぞれ約 4.5、3.6 であり、ウェハチャック 10 の設定温度を高くするほど、選択比は低下することが確認された。この結果から、ウェハチャック 10 の設定温度変更に対するエッチングの選択比とトレンチ形状の変化は、トレードオフの関係にあるものと推察される。

[0074] 次に、処理容器 11 内の圧力を 3.3～6.7Pa（25mTorr～45mTorr）の範囲で変化させた場合について確認試験を行った（確認試験 12）。この際の高周波電源の電力は 1500W、ウェハチャック 10 の設定温度は 60℃であり、処理ガスへの Ar ガスの添加は行っていない。

[0075] 確認試験 12 においては、処理容器 11 内の圧力を 3.3Pa とした場合と、6.7Pa とした場合のいずれにおいても、1μm幅のトレンチ 212 及び3μm幅のトレンチ 212 におけるエッチングレートはそれぞれ約 645nm/分、約 655nm/分であり、有意な差はみられなかった。一方、SiC 膜 201 とエッチングマスクとしてのシリコン酸化膜 200 とのエッチング選択比は、処理容器 11 内の圧力を 3.3Pa とした場合が約 3.7～3.8、圧力 6.7Pa の場合が約 6.0～6.4 となることが確認され

た。この結果から、エッチング処理の際の圧力を高くするほど、エッチングの選択比を高くできることが確認できる。なお、トレンチ212の側壁210の角度 θ については、圧力3.3Paで約 87° 、圧力6.7Paで約 86° と、圧力を低くする方が、トレンチ212の形状が改善することが確認された。

[0076] 次に処理ガスとして、HBr/NF₃/O₂の混合ガスに代えて、HBr/SF₆/O₂の混合ガスを用いた場合について確認試験を行った（確認試験13）。HBr/SF₆/O₂の流量は、例えばそれぞれ250/15/3sccmであり、この際の高周波電源の電力は2000W、ウェハチャック10の設定温度は40℃、処理容器11内の圧力は2.0Pa（15mTorr）であり、処理ガスへのArガスの添加は行っていない。

[0077] HBr/SF₆/O₂の混合ガスを用いてエッチング処理を行った確認試験13の結果、1 μ m幅のトレンチ212及び3 μ m幅のトレンチ212におけるエッチングレートはそれぞれ約465nm/分、約561nm/分であり、良好なエッチングレートが得られることが確認された。

[0078] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到しうることは明らかであり、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。

符号の説明

- [0079]
- 1 プラズマ処理装置
 - 10 ウェハチャック
 - 11 処理容器
 - 12 接地線
 - 13 サセプタ
 - 14 絶縁部材
 - 15 導電部材

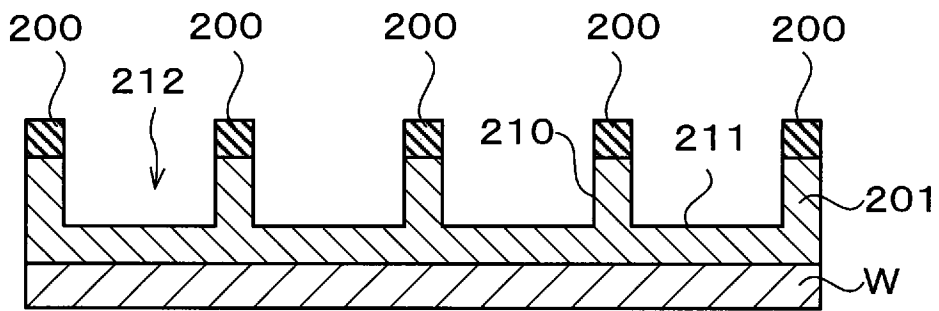
- 1 6 昇降機構
- 1 7 ベローズ
- 2 0 高周波電源
- 2 1 整合器
- 3 0 フォーカスリング
- 3 1 バッフル板
- 3 2 排気管
- 4 0 上部電極
- 4 1 ガス供給管
- 5 0 リング磁石
- 1 0 0 制御部
- W ウェハ
- U 処理空間
- V ガス拡散室

請求の範囲

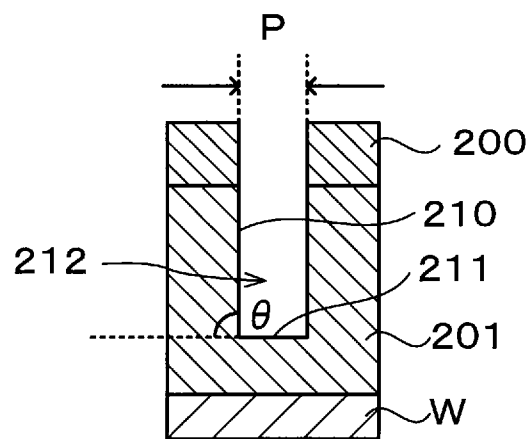
- [請求項1] エッチングマスクが形成されたS i C膜を処理容器内でプラズマエッチング処理する方法であって、
- 前記処理容器内に、S F 6 ガス及びO 2 ガスを含有する処理ガスと、希ガスと、を混合した混合ガスを供給して、当該混合ガスのプラズマにより前記S i C膜をエッチング処理し、
- 前記エッチング処理は、マグネトロンR I E装置を用いて行われることを特徴とする、プラズマエッチング処理方法。
- [請求項2] 請求項1に記載のプラズマエッチング処理方法において、
- 前記混合ガスのS F 6 ガス：O 2 ガス：希ガスの比は、2～1：1～1.3：366.7～88であり、
- 前記エッチング処理中の前記処理容器内の圧力を、4.7Pa～13.3Paに維持し、
- 前記処理ガスのプラズマは、500～1300Wの高周波電力により生成する。
- [請求項3] 請求項1に記載のプラズマエッチング処理方法において、
- 前記混合ガスには、S i F 4 ガスがさらに混合されている。
- [請求項4] 請求項3に記載のプラズマエッチング処理方法において、
- 前記混合ガスのS F 6：S i F 4の比は0超～1：4である。
- [請求項5] エッチングマスクが形成されたS i C膜を処理容器内でプラズマエッチング処理する方法であって、
- 前記処理容器内にH B rガスを含有する処理ガスを供給して、当該処理ガスのプラズマにより前記S i C膜をエッチング処理し、
- 前記エッチング処理中の前記処理容器内の圧力を2.0Pa～13.3Paに維持し、
- 前記エッチング処理は、マグネトロンR I E装置を用いて行われ、
- 前記処理ガスのプラズマは、400～2000Wの高周波電力により生成することを特徴とする、プラズマエッチング処理方法。

- [請求項6] 請求項5に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスには、N F 3 ガス及びO 2 ガスがさらに混合されている。
- [請求項7] 請求項6に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスのH B r ガス：N F 3 ガス：O 2 ガスの比は1 3 ～2 0 ：3 ～5 ：1 である。
- [請求項8] 請求項5に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスには、S F 6 ガス及びO 2 ガスがさらに混合されている。
- [請求項9] 請求項8に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスのH B r ガス：S F 6 ガス：O 2 ガスの比は1 3 ～2 0 ：0 ～3 ：1 である。
- [請求項10] 請求項6に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスには、A r ガスがさらに混合されている。
- [請求項11] 請求項5に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記S i C 膜は基板上に形成され、前記エッチング処理は、前記基板を載置台上に載置し、当該載置台の温度を6 0℃～8 0℃に維持した状態で行われる。
- [請求項12] 請求項5に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記処理ガスのプラズマを生成する高周波電力は、4 0 0 ～7 0 0 Wである。
- [請求項13] 請求項1に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記エッチングマスクは、シリコン酸化膜である。
- [請求項14] 請求項5に記載のプラズマエッチング処理方法において、前記エッチングマスクは、シリコン酸化膜である。

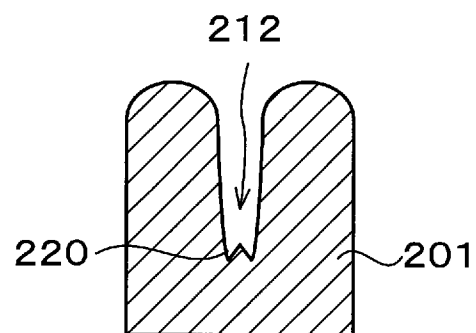
[図3]



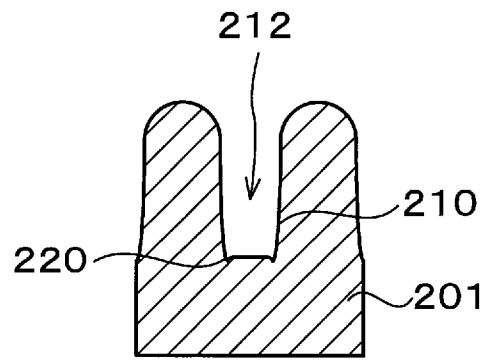
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(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

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	JP 2013-048160 A (Panasonic Corp.), 07 March 2013 (07.03.2013), paragraphs [0010] to [0037] (Family: none)	1-14
Y	S.TANAKA et al., "Deep reactive ion etching of silicon carbide", J.Vac.Sci.Technol. B, 2001.11, Vol.19(6), pp.2173-2176	1-14
Y	G.F.McLANE et al., "High etch rates of SiC in magnetron enhanced SF6 plasmas", Appl. Phys. Lett., Vol.68(26), AIP Publishing, 1996.06.24, pp.3755-3757	1-14

☒ 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
15 June 2015 (15.06.15)

Date of mailing of the international search report
23 June 2015 (23.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063065

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6835638 B1 (MICRON TECHNOLOGY, INC.), 28 December 2004 (28.12.2004), column 7, lines 55 to 65; fig. 3D (Family: none)	1-14
Y	JP 2014-044975 A (Panasonic Corp.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0012] to [0049] (Family: none)	3, 4
Y	Y.NAKANO et al., "4H-SiC Trench Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors with Low On-Resistance", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.48, The Japan Society of Applied Physics, 2009.04. 20, 04C100-1-04C100-4	5-12, 14
Y	JP 2006-128191 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 18 May 2006 (18.05.2006), paragraphs [0026], [0048] (Family: none)	6, 7

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

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

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
Y	JP 2013-048160 A（パナソニック株式会社） 2013.03.07, 段落 [0010] - [0037]（ファミリーなし）	1-14
Y	S. TANAKA et al., "Deep reactive ion etching of silicon carbide", J. Vac. Sci. Technol. B, 2001.11, Vol.19(6), pp.2173-2176	1-14
Y	G.F. McLANE et al., "High etch rates of SiC in magnetron enhanced SF ₆ plasmas", Appl. Phys. Lett., Vol.68(26), AIP Publishing, 1996.06.24, pp.3755-3757	1-14

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 6 . 2 0 1 5

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

全 哲次

5 F

3 9 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

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
Y	US 6835638 B1 (MICRON TECHNOLOGY, INC.) 2004.12.28, 第7欄第55-65行、FIG. 3D (ファミリーなし)	1-14
Y	JP 2014-044975 A (パナソニック株式会社) 2014.03.13, 段落 [0012] - [0049] (ファミリーなし)	3, 4
Y	Y. NAKANO et al., "4H-SiC Trench Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors with Low On-Resistance", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.48, The Japan Society of Applied Physics, 2009.04.20, 04C100-1-04C100-4	5-12, 14
Y	JP 2006-128191 A (日産自動車株式会社) 2006.05.18, 段落 [0026]、[0048] (ファミリーなし)	6, 7