(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
2020年12月24日(24.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/255631 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/020404

(22) 国際出願日： 2020年5月22日(22.05.2020)

(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 2019-113023 2019年6月18日(18.06.2019) JP

(71) 出願人: 昭和電工株式会社 (**SHOWA DENKO K.K.**) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 佐藤 大輔 (**SATO Daisuke**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 貝吹 香 (**KAIBUKI Kaoru**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 岡 優希 (**OKA Yuki**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP).

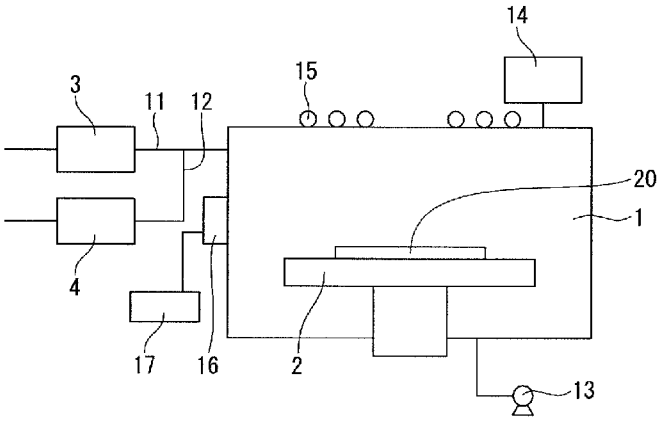
(74) 代理人: 田中 秀▲てつ▼, 外 (**TANAKA Hidetetsu** et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目３番１号 城山トラストタワー３２階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** PLASMA ETCHING METHOD

(54) 発明の名称： プラズマエッチング方法

[図1]



(57) **Abstract:** The present invention provides a plasma etching method which has a high etching rate of a silicon nitride film. This plasma etching method comprises an etching step wherein a silicon nitride film formed on a substrate (20) is etched with use of a plasma that is obtained by exciting an etching gas, which contains iodine heptafluoride, into a plasma.

(57) 要約：窒化シリコン膜のエッチング速度が大きいプラズマエッチング方法を提供する。プラズマエッチング方法は、七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスをプラズマ化して得られたプラズマを用いて、基板（２０）上に形成された窒化シリコン膜をエッチングするエッチング工程を備える。

WO 2020/255631 A1

[続葉有]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

添付公開書類:

一 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

技術分野

[0001]　本発明はプラズマエッチング方法に関する。

背景技術

[0002]　半導体の製造プロセスにおいては、エッチングガスを用いたプラズマエッチングにより窒化シリコン膜をエッチングする場合がある。例えば特許文献１には、六フッ化硫黄（SF_6）等のフッ素化ガスを含有するエッチングガスをプラズマ化して窒化シリコン膜をエッチングするプラズマエッチング方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許公開公報　２０１６年第１５７９４０号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　半導体の製造プロセス等に使用されるプラズマエッチング方法においては、窒化シリコン膜のエッチング速度のさらなる向上が望まれている。

本発明は、窒化シリコン膜のエッチング速度が大きいプラズマエッチング方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0005]　前記課題を解決するため、本発明の一態様は以下の［１］～［７］の通りである。

［１］　七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスをプラズマ化して得られたプラズマを用いて、基板上に形成された窒化シリコン膜をエッチングするエッチング工程を備えるプラズマエッチング方法。

[0006] ［２］　前記基板上には前記窒化シリコン膜とともに酸化シリコン膜が形成されており、前記窒化シリコン膜とともに前記酸化シリコン膜をエッチング

する［１］に記載のプラズマエッチング方法。

［３］　前記窒化シリコン膜のエッチング速度が前記酸化シリコン膜のエッチング速度よりも大きい［２］に記載のプラズマエッチング方法。

[0007] ［４］　前記酸化シリコン膜のエッチング速度に対する前記窒化シリコン膜のエッチング速度の比が２以上７０以下である［３］に記載のプラズマエッチング方法。

［５］　前記エッチングガスが七フッ化ヨウ素と不活性ガスとを含有する混合ガスである［１］～［４］のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

[0008] ［６］　１Ｐａ以上１０Ｐａ以下のプロセス圧力下でエッチングを行う［１］～［５］のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

［７］　前記基板を支持する下部電極に０W以上１５００W以下のバイアスパワーを印加しつつエッチングを行う［１］～［６］のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、窒化シリコン膜のエッチング速度が大きいプラズマエッチング方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明に係るプラズマエッチング方法の一実施形態を説明するプラズマエッチング装置の一例の概略図である。

[図2]プロセス圧力とSi_3N_4／SiO_2選択比との関係を示すグラフである。

[図3]プロセス圧力３Ｐａにおける、バイアスパワーとSi_3N_4／SiO_2選択比との関係を示すグラフである。

[図4]プロセス圧力５Ｐａにおける、バイアスパワーとSi_3N_4／SiO_2選択比との関係を示すグラフである。

[図5]エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度とSi_3N_4／SiO_2選択比との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の一実施形態について以下に説明する。なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。また、本実施形態には種々の変更又は改良を加えることが可能であり、その様な変更又は改良を加えた形態も本発明に含まれ得る。

[0012] 本実施形態のプラズマエッチング方法は、七フッ化ヨウ素（IF_7）を含有するエッチングガスをプラズマ化して得られたプラズマを用いて、基板上に形成された窒化シリコン膜（例えばSi_3N_4膜）をエッチングするエッチング工程を備える。七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスを用いてプラズマエッチングを行うことにより、大きなエッチング速度で窒化シリコン膜のエッチングを行うことができる。

[0013] 本実施形態のプラズマエッチング方法によれば、窒化シリコン膜とともに酸化シリコン膜（例えばSiO_2膜）もエッチングすることができる。すなわち、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜が形成された基板を本実施形態のプラズマエッチング方法でエッチングすれば、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜を同時にエッチングすることができる。

[0014] このとき、酸化シリコン膜よりも大きなエッチング速度で窒化シリコン膜をエッチングすることができる。すなわち、本実施形態のプラズマエッチング方法によれば、酸化シリコン膜に対して窒化シリコン膜を選択的にプラズマエッチングすることができる。例えば、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比が２以上７０以下となるように、また、エッチングをより安定的に制御する観点では３以上３０以下となるように、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜をエッチングすることができる。

[0015] よって、本実施形態のプラズマエッチング方法を半導体の製造プロセスに適用すれば、ダブルパターニングを利用したシャロートレンチアイソレーション（ＳＴＩ：Shallow trench isolation）の形成のためのエッチング加工時において、窒化シリコン膜の選択的除去を効率的に行うことができる。また、酸化シリコン膜に対する窒化シリコン膜のエッチングの選択性が向上す

れば（酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比が大きくなれば）、プラズマエッチング方法をウェットエッチング方法の代替方法とすることも可能となる。

[0016] 本実施形態のプラズマエッチング方法によるプラズマエッチングは、プラズマエッチング装置を用いて行うことができる。プラズマエッチング装置におけるプラズマ源は特に限定されるものではないが、例えば、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ：Inductively Coupled Plasma）、容量結合プラズマ（ＣＣＰ：Capacitively Coupled Plasma）等の高周波放電プラズマや、電子サイクロトロン共鳴プラズマ（ＥＣＲＰ：Electron Cyclotron Resonance Plasma）等のマイクロ波放電プラズマが挙げられる。後に詳述する図１のプラズマエッチング装置は、ＩＣＰをプラズマ源とするプラズマエッチング装置である。

[0017] 本実施形態のプラズマエッチング方法においては、プラズマエッチングは０．２Ｐａ以上２６．７Ｐａ以下のプロセス圧力下で行うことが好ましく、１Ｐａ以上１５Ｐａ以下のプロセス圧力下で行うことがより好ましく、１Ｐａ以上１０Ｐａ以下のプロセス圧力下で行うことがさらに好ましく、３Ｐａ以上７Ｐａ以下のプロセス圧力下で行うことが特に好ましい。プロセス圧力が高い方が七フッ化ヨウ素の解離が促進されるため、酸化シリコン膜に対する窒化シリコン膜のエッチングの選択性が向上する。また、プロセス圧力が高い方が、プラズマの着火性が高くなる。

[0018] エッチングガスは、七フッ化ヨウ素のみから形成されていてもよいが、七フッ化ヨウ素と不活性ガスとを含有する混合ガスであってもよい。不活性ガスの種類は特に限定されるものではないが、例えば、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、キセノン及び窒素ガスが挙げられる。これら不活性ガスは、１種を単独で用いてもよいし、２種以上を併用してもよい。

[0019] 七フッ化ヨウ素と不活性ガスとの混合比率については、プラズマの着火性等を考慮して調整すればよい。エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度は、０体積％超過１００体積％以下とすることができ、プラズマの着火性をより十分なものとするためには、５体積％以上５０体積％以下とすることがよ

り好ましく、酸化シリコン膜に対する窒化シリコン膜のエッチングの選択性を十分に高くするためには、１０体積％以上３０体積％以下とすることがさらに好ましい。

エッチングガスの使用量、例えば、プラズマエッチング装置においてプラズマエッチングが行われるチャンバーへのエッチングガスの総流量は、チャンバーの体積、排気能力、及びプロセス圧力等に応じて調整するとよい。

[0020] プラズマエッチング装置においては、例えばＲＦ（radio frequency）コイルに高周波のソースパワーを印加して電界及び磁界を形成することにより、エッチングガスをプラズマ化してプラズマを発生させることができる。ソースパワーの大きさは特に限定されるものではないが、０W超過３０００W以下とすることが好ましく、１００W以上１５００W以下とすることがより好ましく、２００W以上１０００W以下とすることがさらに好ましい。

[0021] ソースパワーが大きいほど七フッ化ヨウ素の解離が促進されエッチング速度が大きくなるので、所望するエッチング速度に応じてソースパワーの大きさを設定すればよい。ソースパワーの大きさが上記の数値範囲内であれば、窒化シリコン膜のエッチング速度が十分に大きくなるとともに、酸化シリコン膜に対する窒化シリコン膜のエッチングの選択性が十分に高くなる。

[0022] プラズマエッチング時の基板の温度は特に限定されるものではないが、－２０℃以上２５０℃以下とすることが好ましく、０℃以上１００℃以下とすることがより好ましく、２０℃以上７０℃以下とすることがさらに好ましい。プラズマエッチング時の基板の温度が上記の数値範囲内であれば、基板上に形成されたレジスト膜の変質、昇華等による変形が抑制されるので、高いパターニング精度でプラズマエッチングを行うことができる。

[0023] プラズマエッチング時には、基板を支持する下部電極にバイアスパワーを印加してもよい。すなわち、下部電極に印加するバイアスパワーの大きさは、０Wでもよいし０W超過でもよい。酸化シリコン膜に対する窒化シリコン膜のエッチングの選択性を十分に高くするためには、下部電極に印加するバイアスパワーは１２０００W以下とすることが好ましく、１５００W以下と

することがより好ましく、３００W以下とすることがさらに好ましい。

[0024] 以下に、図１に示すプラズマエッチング装置を用いて、基板の表面に形成された窒化シリコン膜と酸化シリコン膜のプラズマエッチングを行う例について説明する。図１のプラズマエッチング装置は、ＩＣＰをプラズマ源とするプラズマエッチング装置である。まず、図１のプラズマエッチング装置について説明する。

[0025] 図１のプラズマエッチング装置は、内部でプラズマエッチングが行われるチャンバー１と、プラズマエッチングする基板２０をチャンバー１の内部に支持する下部電極２と、下部電極２にバイアスパワーを印加するバイアスパワー用電源（図示せず）と、エッチングガスをプラズマ化するための電界及び磁界をチャンバー１の内部に形成するＲＦコイル１５と、ＲＦコイル１５に高周波のソースパワーを印加するソースパワー用電源（図示せず）と、チャンバー１の内部を減圧する真空ポンプ１３と、チャンバー１の内部の圧力を測定する圧力計１４と、プラズマの発生に伴い生じるプラズマ発光を取り込むセンサー１６と、センサー１６で取り込んだプラズマ発光を分光してプラズマ発光の時間的変化をモニターする分光器１７と、を備えている。

[0026] 基板２０は、その表面に窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜が形成されている。センサー１６としては、例えば、ＣＣＤ（Charge-Coupled Device）イメージセンサーを用いることができる。ただし、センサー１６と分光器１７を設ける代わりに、チャンバー１に覗き窓を設けて、その覗き窓からチャンバー１の内部を目視で観察し、プラズマ発光の時間的変化を確認してもよい。

[0027] また、チャンバー１は、チャンバー１の内部にエッチングガスを供給するエッチングガス供給部を備えている。エッチングガス供給部は、七フッ化ヨウ素ガスを供給する七フッ化ヨウ素ガス供給部３と、不活性ガスを供給する不活性ガス供給部４と、七フッ化ヨウ素ガス供給部３とチャンバー１を接続するエッチングガス供給用配管１１と、エッチングガス供給用配管１１の中間部に不活性ガス供給部４を接続する不活性ガス供給用配管１２と、を有し

ている。

[0028] そして、エッチングガスとして七フッ化ヨウ素ガスをチャンバー１に供給する場合には、七フッ化ヨウ素ガス供給部３からエッチングガス供給用配管１１に七フッ化ヨウ素ガスを送り出すことにより、エッチングガス供給用配管１１を介して七フッ化ヨウ素ガスがチャンバー１に供給されるようになっている。

[0029] また、エッチングガスとして七フッ化ヨウ素ガスと不活性ガスの混合ガスを供給する場合には、七フッ化ヨウ素ガス供給部３からエッチングガス供給用配管１１に七フッ化ヨウ素ガスを送り出すとともに、不活性ガス供給部４からエッチングガス供給用配管１１に不活性ガス供給用配管１２を介して不活性ガスを送り出すことにより、エッチングガス供給用配管１１の中間部において七フッ化ヨウ素ガスと不活性ガスが混合されて混合ガスとなり、この混合ガスがエッチングガス供給用配管１１を介してチャンバー１に供給されるようになっている。

[0030] このようなプラズマエッチング装置を用いてプラズマエッチングを行う場合には、チャンバー１の内部に配された下部電極２の上に基板２０を載置し、真空ポンプ１３によりチャンバー１の内部の圧力を１Ｐａ以上１０Ｐａ以下に減圧した後に、エッチングガス供給部によりチャンバー１の内部にエッチングガスを供給する。そして、ＲＦコイル１５に高周波（例えば１３．５６ＭＨｚ）のソースパワーを印加すると、チャンバー１の内部に電界及び磁界が形成されることで電子が加速し、この加速した電子がエッチングガス中の七フッ化ヨウ素分子と衝突して新たにイオンと電子が生成され、その結果放電が起こりプラズマが形成される。プラズマの発生は、センサー１６及び分光器１７を用いて確認することができる。

[0031] プラズマが発生すると、基板２０の表面に形成された窒化シリコン膜と酸化シリコン膜がエッチングされる。

エッチングガスのチャンバー１への供給量や、エッチングガス（混合ガス）中の七フッ化ヨウ素の濃度は、エッチングガス供給用配管１１及び不活性

ガス供給用配管１２にそれぞれ設置されたマスフローコントローラー（図示せず）で七フッ化ヨウ素ガス及び不活性ガスの流量をそれぞれ制御することによって調整することができる。

[0032] 上記したように、エッチングガスとして七フッ化ヨウ素又は七フッ化ヨウ素と不活性ガスとの混合ガスを用いて、プロセス圧力を１Ｐａ以上１０Ｐａ以下とし、バイアスパワーを１５００W以下の条件とすることによって、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比が２以上７０以下となるように、あるいは、エッチングをより安定的に制御する観点では３以上３０以下となるように、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜をエッチングすることができる。

実施例

[0033] 以下に実施例及び比較例を示して、本発明をより詳細に説明する。

（実施例１）

図１のプラズマエッチング装置と略同様の構成を有するサムコ株式会社製のＩＣＰエッチング装置ＲＩＥ－２００ｉＰを用いて、基板のプラズマエッチングを行った。この基板は、シリコン基板上に窒化シリコン膜（Si_3N_4膜）及び酸化シリコン膜（SiO_2膜）を化学蒸着法にて成膜したものである。

[0034] また、チャンバーの内部の体積は４６０００ｃｍ^{3}であり、エッチングガスは七フッ化ヨウ素ガスとアルゴンの混合ガスである。七フッ化ヨウ素ガスの流量を１０ｓｃｃｍ、アルゴンの流量を４０ｓｃｃｍとすることにより、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度を２０体積%に調整した。ここでｓｃｃｍは、０℃、１気圧の条件で規格化された１分間当たりの体積流量（ｃｍ^3）である。

[0035] チャンバーの内部のプロセス圧力を１Ｐａ、ソースパワーを５００W、バイアスパワーを０W、基板の温度を２０℃とした上、七フッ化ヨウ素ガスの流量、アルゴンの流量、プロセス圧力、ソースパワー、及びバイアスパワーをそれぞれ常時モニターし、それぞれの設定値と実行値に差がないことを確認しながら、プラズマエッチングを行った。結果を表１に示す。

[0036] 表１には、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜がプラズマエッチングされている時間（エッチング時間）、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜のエッチング前の膜厚及びエッチング後の膜厚、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比（Si_3N_4／SiO_2選択比）を示してある。

[0037] なお、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の膜厚の測定は、フィルメトリクス社製の反射率分光膜厚計Ｆ２０を用いて行った。また、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜のエッチング速度は、エッチング前の膜厚からエッチング後の膜厚を差し引いて、それをエッチング時間で除することにより算出した。

[0038]

[表1]

	エッチングガス	プロセス圧力 (Pa)	エッチング時間(min)		エッチング前の膜厚(nm)		エッチング後の膜厚(nm)		エッチング速度(nm／min)		Si_3N_4／SiO_2 選択比
			SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	
実施例1	IF_7／Ar	1	1.00	0.50	1466	500	1423	396	42.9	208.3	4.85
実施例2		3	3.00	1.00	1450	492	1378	238	24.1	254.2	10.56
実施例3		5	1.00	0.50	1453	499	1437	353	16.0	293.6	18.37
実施例4		7	1.50	0.50	1455	499	1442	357	8.9	283.6	31.83
比較例1	SF_6／Ar	1	2.00	0.50	1443	500	1362	423	40.6	154.8	3.82
比較例2		3	2.00	0.50	1455	502	1368	386	43.4	230.2	5.31
比較例3		5	2.00	0.50	1446	499	1369	360	38.6	278.8	7.23
比較例4		7	2.00	0.50	1635	501	1587	385	24.1	231.2	9.58

[0039] （実施例２～４）

プロセス圧力を表１に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表１に示す。

[0040] （比較例１～４）

エッチングガスを六フッ化硫黄ガスとアルゴンの混合ガス（エッチングガス中の六フッ化硫黄の濃度は２０体積％である）とした点と、プロセス圧力を表１に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表１に示す。

[0041] （実施例１１～１８）

プロセス圧力を３ＰａとＬた点と、バイアスパワーを表２に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表２に示す。

[0042]

[表2]

	エッチングガス	バイアスパワー (W)	エッチング時間(min)		エッチング前の膜厚(nm)		エッチング後の膜厚(nm)		エッチング速度(nm/min)		Si_3N_4/SiO_2 選択比
			SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	
実施例11	IF_7/Ar	0	3.00	1.00	1450	492	1377	238	24.4	254.2	10.40
実施例12		20	3.00	0.75	1445	495	1327	256	39.4	318.0	8.06
実施例13		40	3.00	0.75	1443	493	1267	220	58.9	364.4	6.19
実施例14		60	2.00	0.42	1422	495	1258	298	82.2	474.1	5.77
実施例15		80	2.00	0.42	1428	492	1221	272	103.3	528.3	5.11
実施例16		100	1.00	0.50	1450	489	1285	189	165.0	599.0	3.63
実施例17		150	2.00	0.42	1440	494	1126	248	157.2	588.3	3.74
実施例18		270	1.50	0.42	1440	495	1044	213	263.9	677.6	2.57

[0043] （実施例２１～２４）

プロセス圧力を５ＰａとしたＡ点と、バイアスパワーを表３に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表３に示す。

[0044]

[表3]

	エッチングガス	バイアスパワー (W)	エッチング時間(min)		エッチング前の膜厚(nm)		エッチング後の膜厚(nm)		エッチング速度(nm/min)		Si_3N_4/SiO_2 選択比
			SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	
実施例21	IF_7/Ar	0	1.17	0.50	1456	500	1437	353	15.9	293.6	18.49
実施例22		40	1.00	0.50	1454	502	1395	264	58.7	477.2	8.13
実施例23		100	1.50	0.50	1432	493	1237	149	130.4	689.1	5.29
実施例24		270	1.00	0.33	1460	498	1241	204	218.4	879.7	4.03
比較例21	SF_6/Ar	0	2.00	0.50	1446	499	1369	360	38.6	278.8	7.23
比較例22		100	2.00	0.42	1462	503	1222	267	120.1	566.5	4.72
比較例23		270	2.00	0.42	1456	498	800	150	327.8	834.9	2.55

[0045] （比較例２１～２３）

エッチングガスを六フッ化硫黄ガスとアルゴンの混合ガス（エッチングガス中の六フッ化硫黄の濃度は２０体積％である）とした点と、プロセス圧力を５Ｐａとした点と、バイアスパワーを表３に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表３に示す。

[0046]（実施例３１～３３）

プロセス圧力を３Ｐａとした点と、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度を表４に示す通り変更した点以外は、実施例１と同様にしてプラズマエッチングを行い、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の各エッチング速度、並びに、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比を算出した。結果を表４に示す。

[0047] なお、実施例３１～３３においては、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度は、七フッ化ヨウ素ガスとアルゴンの流量を下記の通りとすることにより調整した。すなわち、七フッ化ヨウ素ガスの流量を２．５ｓｃｃｍ、アルゴンの流量を４７．５ｓｃｃｍとすることにより、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度を５体積％に調整し、七フッ化ヨウ素ガスの流量を５ｓｃｃｍ、アルゴンの流量を４５ｓｃｃｍとすることにより、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度を１０体積％に調整し、七フッ化ヨウ素ガスの流量を１０ｓｃｃｍ、アルゴンの流量を４０ｓｃｃｍとすることにより、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度を２０体積％に調整した。

[0048]

[表4]

	エッチングガス	IF_7の濃度（体積%）	エッチング時間（min）		エッチング前の膜厚（nm）		エッチング後の膜厚（nm）		エッチング速度（nm／min）		Si_3N_4／SiO_2選択比
			SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	SiO_2	Si_3N_4	
実施例31	IF_7／Ar	5	2.00	1.00	1964	499	1815	303	74.5	196.4	2.64
実施例32		10	1.00	0.50	1440	498	1318	256	121.1	484.5	4.00
実施例33		20	1.00	0.50	1450	489	1285	189	165.0	599.0	3.63

[0049] 表１～４の結果を図２～５のグラフにそれぞれ示す。表１及び図２のグラ

フから、いずれのプロセス圧力においても、七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスの方が、六フッ化硫黄を含有するエッチングガスよりも、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比（Si_3N_4／SiO_2選択比）が大きく、酸化シリコン膜に対して窒化シリコン膜が選択的にエッチングされていることが分かる。そして、Si_3N_4／SiO_2選択比は、プロセス圧力が高圧になるほど向上することが分かる。

[0050] また、表２及び図３のグラフから、バイアスパワーが低いほどSi_3N_4／SiO_2選択比が向上することが分かる。

さらに、表３及び図４のグラフから、いずれのバイアスパワーにおいても、七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスの方が、六フッ化硫黄を含有するエッチングガスよりも、酸化シリコン膜のエッチング速度に対する窒化シリコン膜のエッチング速度の比が大きく、酸化シリコン膜に対して窒化シリコン膜が選択的にエッチングされていることが分かる。そして、Si_3N_4／SiO_2選択比は、バイアスパワーが低いほど向上することが分かる。

[0051] さらに、表４から、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度が高いほど、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜いずれについても、エッチング速度が大きくなることが分かる。一方、Si_3N_4／SiO_2選択比については、表４及び図５のグラフから、エッチングガス中の七フッ化ヨウ素の濃度が高いほど向上する傾向はあるものの、それほど大きな変化は無かった。

符号の説明

[0052]
１・・・チャンバー
２・・・下部電極
３・・・七フッ化ヨウ素ガス供給部
４・・・不活性ガス供給部
１１・・・エッチングガス供給用配管
１２・・・不活性ガス供給用配管
１３・・・真空ポンプ
１４・・・圧力計

１５・・・ＲＦコイル

１６・・・センサー

１７・・・分光器

２０・・・基板

請求の範囲

[請求項1] 七フッ化ヨウ素を含有するエッチングガスをプラズマ化して得られたプラズマを用いて、基板上に形成された窒化シリコン膜をエッチングするエッチング工程を備えるプラズマエッチング方法。

[請求項2] 前記基板上には前記窒化シリコン膜とともに酸化シリコン膜が形成されており、前記窒化シリコン膜とともに前記酸化シリコン膜をエッチングする請求項１に記載のプラズマエッチング方法。

[請求項3] 前記窒化シリコン膜のエッチング速度が前記酸化シリコン膜のエッチング速度よりも大きい請求項２に記載のプラズマエッチング方法。

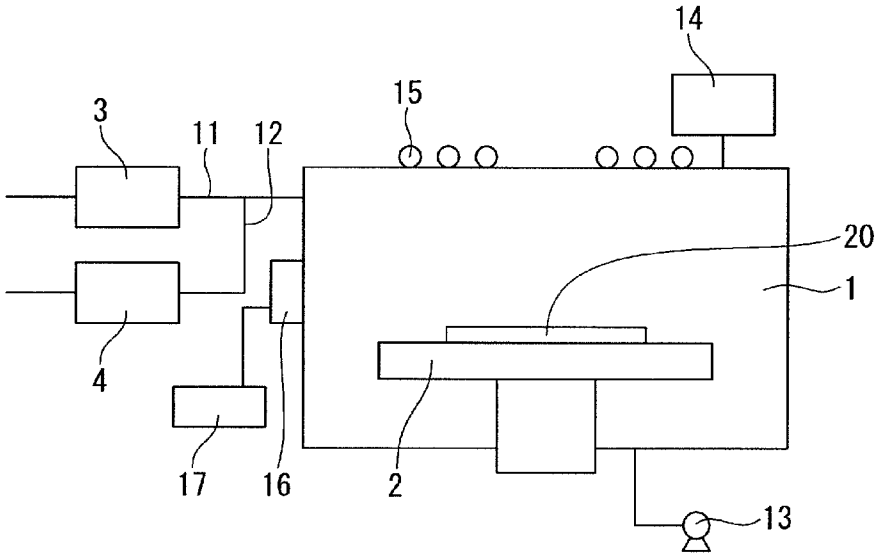
[請求項4] 前記酸化シリコン膜のエッチング速度に対する前記窒化シリコン膜のエッチング速度の比が２以上７０以下である請求項３に記載のプラズマエッチング方法。

[請求項5] 前記エッチングガスが七フッ化ヨウ素と不活性ガスとを含有する混合ガスである請求項１～４のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

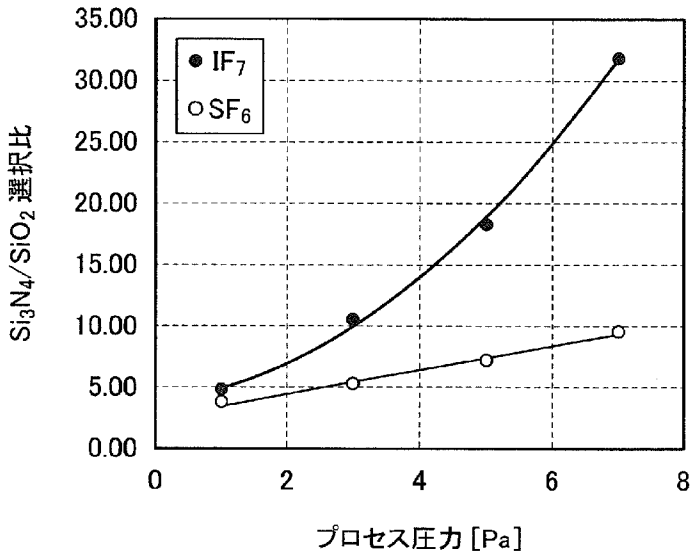
[請求項6] １Ｐａ以上１０Ｐａ以下のプロセス圧力下でエッチングを行う請求項１～５のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

[請求項7] 前記基板を支持する下部電極に０Ｗ以上１５００Ｗ以下のバイアスパワーを印加しつつエッチングを行う請求項１～６のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

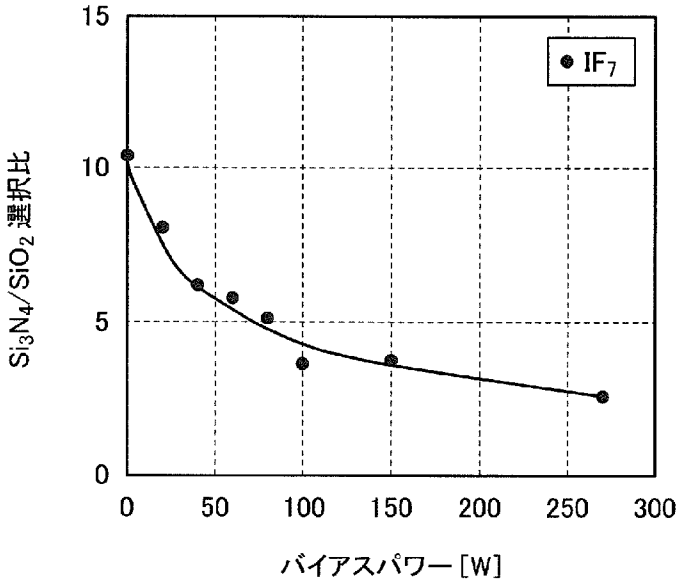
[図1]



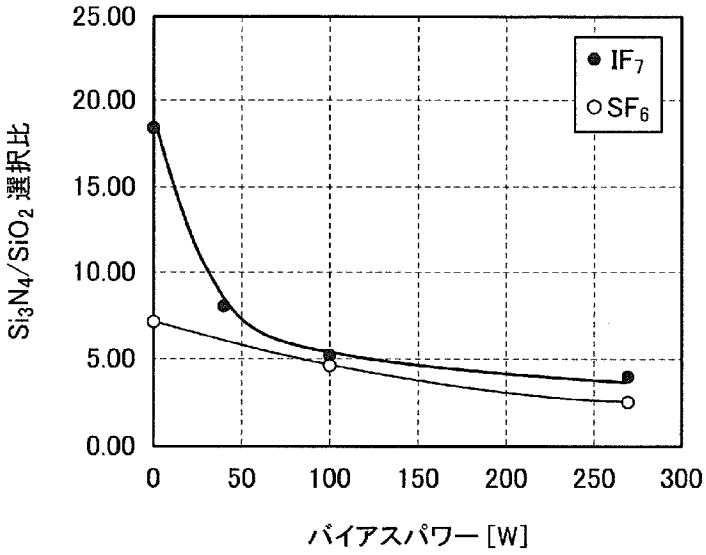
[図2]


35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0
2
4
6
8
IF7
SF6
Si3N4/SiO2 選択比
プロセス圧力 [Pa]

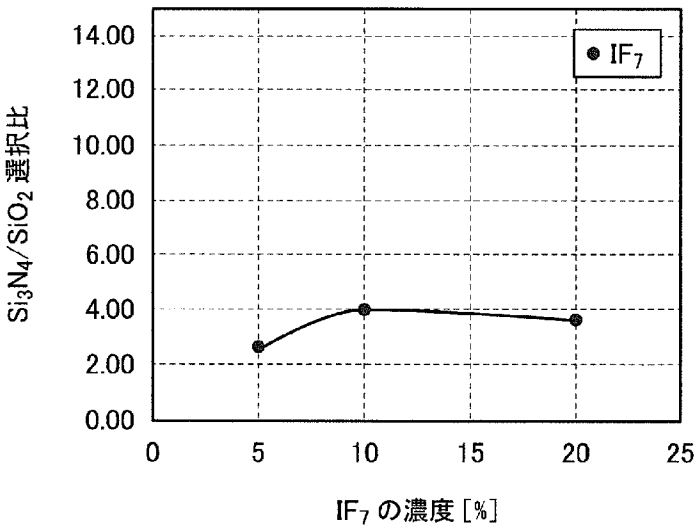
[図3]


15
10
5
0
0
50
100
150
200
250
300
IF7
Si3N4/SiO2 選択比
バイアスパワー [W]

[図4]


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0
50
100
150
200
250
300
IF7
SF6
Si3N4/SiO2 選択比
バイアスパワー [W]

[図5]


14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0
5
10
15
20
25
IF7
Si3N4/SiO2 選択比
IF7 の濃度 [%]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/020404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05H 1/46(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i
FI: H01L21/302 105A; H05H1/46 L
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)
H05H1/46; H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	WO 2015/016149 A1 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 05.02.2015 (2015-02-05) paragraphs [0015]-[0016], [0022], [0044], fig. 1-2	1, 6
A	paragraphs [0015]-[0016], [0022], [0044], fig. 1-2	4
X	JP 2004-39740 A (RESEARCH INSTITUTE OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE EARTH) 05.02.2004 (2004-02-05) paragraphs [0005], [0008]-[0009], [0014], [0031], [0039], [0045]-[0047], [0058]-[0060], fig. 1	1-2, 5-6
Y	paragraphs [0005], [0008]-[0009], [0014], [0031], [0039], [0045]-[0047], [0058]-[0060], fig. 1	3, 6-7
A	paragraphs [0005], [0008]-[0009], [0014], [0031], [0039], [0045]-[0047], [0058]-[0060], fig. 1	4
Y	WO 2018/225661 A1 (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 13.12.2018 (2018-12-13) paragraphs [0002], [0019]-[0020]	3, 6-7
A	paragraphs [0002], [0019]-[0020]	4

☐ 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	Date of mailing of the international search report
05 June 2020 (05.06.2020)	16 June 2020 (16.06.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/020404

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2015/016149 A1	05 Feb. 2015	US 2016/0155630 A1 paragraphs [0024]-[0025], [0031], [0053], fig. 1-2 KR 10-2016-0025591 A	
JP 2004-39740 A	05 Feb. 2004	US 2005/0252451 A1 paragraphs [0015], [0019]-[0021], [0028], [0069]-[0071], [0083], [0092]-[0094], [0111]-[0114], fig. 1 EP 1542264 A1 CN 1565046 A KR 10-2004-0037162 A	
WO 2018/225661 A1	13 Dec. 2018	KR 10-2019-0130004 A CN 110546743 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/020404

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H05H 1/46(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i
FI: H01L21/302 105A; H05H1/46 L

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））

H05H1/46; 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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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 2015/016149 A1 (株式会社日立国際電気) 05.02.2015 (2015-02-05) 段落[0015]-[0016],[0022],[0044], 図1-2	1,6
A	段落[0015]-[0016],[0022],[0044], 図1-2	4
X	JP 2004-39740 A (財団法人地球環境産業技術研究機構) 05.02.2004 (2004-02-05) 段落[0005],[0008]-[0009],[0014],[0031],[0039],[0045]-[0047],[0058]-[0060], 図1	1-2,5-6
Y	段落[0005],[0008]-[0009],[0014],[0031],[0039],[0045]-[0047],[0058]-[0060], 図1	3,6-7
A	段落[0005],[0008]-[0009],[0014],[0031],[0039],[0045]-[0047],[0058]-[0060], 図1	4
Y	WO 2018/225661 A1 (昭和電工株式会社) 13.12.2018 (2018-12-13) 段落[0002],[0019]-[0020]	3,6-7
A	段落[0002],[0019]-[0020]	4

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
05.06.2020	16.06.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
加藤　芳健 50 6312
電話番号 03-3581-1101 内線 3559

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/020404

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2015/016149 A1	05.02.2015	US 2016/0155630 A1 段落[0024]-[0025],[0031], [0053], 図1-2 KR 10-2016-0025591 A	
JP 2004-39740 A	05.02.2004	US 2005/0252451 A1 段落[0015],[0019]-[0021], [0028],[0069]-[0071], [0083],[0092]-[0094], [0111]-[0114], 図1 EP 1542264 A1 CN 1565046 A KR 10-2004-0037162 A	
WO 2018/225661 A1	13.12.2018	KR 10-2019-0130004 A CN 110546743 A	