

(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
2024年1月25日(25.01.2024)



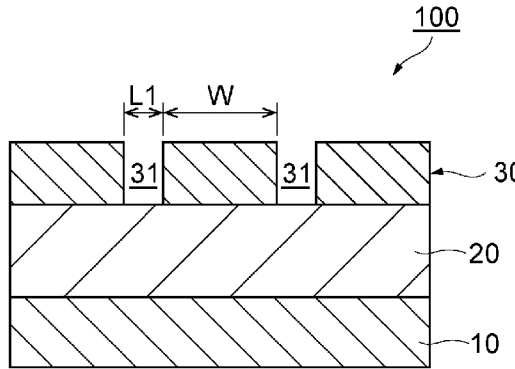
(10) 国際公開番号
WO 2024/019122 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/026644
- (22) 国際出願日: 2023年7月20日(20.07.2023)
- (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 2022-117494 2022年7月22日(22.07.2022) JP
- (71) 出願人:住友精化株式会社(SUMITOMO SEIKA CHEMICALS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6750145 兵庫県加古郡播磨町宮西346番地の1 Hyogo (JP).
- (72) 発明者:堀勝(HORI Masaru); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人東海国立大学機構内 Aichi (JP). 石川 健治(ISHIKAWA Kenji); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人東海国立大学機構内 Aichi (JP).
- (74) 代理人:長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(54) Title: DRY ETCHING METHOD FOR CARBON ATOM-CONTAINING FILM

(54) 発明の名称: 炭素原子含有膜のドライエッチング方法

[図1]



(57) Abstract: This dry etching method for a carbon atom-containing film involves using an etching gas to etch a carbon atom-containing film which contains carbon atoms. This method includes: a mixed gas introduction step in which a mixed gas containing at least oxygen and sulfur dioxide is introduced to an etching chamber in which disposed is a structure comprising a carbon atom-containing film, and a mask having a first opening portion; and an etching step in which the mixed gas is turned into a plasma inside the etching chamber to produce a plasma gas, and using this plasma gas as an etching gas, the carbon atom-containing film of the structure is etched to form a second opening portion. In the etching step, the second opening portion is formed so that an aspect ratio of 1-40 is achieved.

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

(57) 要約: 炭素原子含有膜のドライエッチング方法は、炭素原子を含有する炭素原子含有膜をエッチングガスによりエッチングする方法である。この方法は、少なくとも酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスを、炭素原子含有膜、および、第1開口部を有するマスクを備える構造体が配置されたエッチングチャンバーに導入する混合ガス導入工程と、混合ガスをエッチングチャンバー内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスをエッチングガスとして用いて、構造体の炭素原子含有膜をエッチングして第2開口部を形成するエッチング工程とを含む。エッチング工程においては、アスペクト比が1~40となるように第2開口部が形成される。

明 細 書

発明の名称：炭素原子含有膜のドライエッチング方法

技術分野

[0001] 本開示は、炭素原子含有膜のドライエッチング方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路においては、素子の微細化および積層化が進んでおり、半導体集積回路の製造には、被エッチング膜をパターンングするためにフォトリソグラフィなどのマスクを用いて、被エッチング膜に、開口が小さくアスペクト比の大きい深いホールやトレンチを高精度かつ高速に加工する技術が求められている。

このような技術として、例えば特許文献1に記載の方法が知られている。同公報では、酸素に硫化カルボニルを添加した混合ガスのプラズマガス、炭素を含む炭素質層のエッチングガスとして用いることで、加工精度が向上することが報告されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-200459号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記特許文献1に記載の方法は、炭素質層のエッチング速度の向上の点で改善の余地を有していた。

[0005] 本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、炭素原子含有膜に対するエッチング速度を向上させることができる炭素原子含有膜のドライエッチング方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の発明者らは、エッチング後の炭素原子含有膜の開口部の異方性（アスペクト比）を制御しながら、炭素原子含有膜のエッチング時の酸素への

添加ガスを、硫化カルボニルから二酸化硫黄にすることで、意外にも上記課題を解決し得ることを見出し、本開示に至った。

[0007] すなわち、本開示の一側面は、炭素原子を含有する炭素原子含有膜をエッチングガスによりエッチングする炭素原子含有膜のドライエッチング方法であって、少なくとも酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスを、上記炭素原子含有膜、および、第1開口部を有するマスク、を備える構造体が配置されたエッチングチャンバーに導入する混合ガス導入工程と、上記混合ガスを上記エッチングチャンバー内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスを用いて、上記構造体の上記炭素原子含有膜をエッチングして第2開口部を形成するエッチング工程とを含み、上記エッチング工程において、下記式(1)で定義されるアスペクト比が1~40となるように上記第2開口部を形成する、炭素原子含有膜のドライエッチング方法を提供する。

$$\text{アスペクト比} = L2 / L1 \dots (1)$$

(前記式(1)中、L1は、前記第1開口部の設計幅を表し、L2は、前記第2開口部の深さを表す。)

[0008] 上記炭素原子含有膜のドライエッチング方法によれば、エッチング時のアスペクト比を上記範囲に制御しながら、酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスのプラズマガスで炭素原子含有膜をエッチングすることで、酸素及び硫化カルボニルを含む混合ガスのプラズマガスで炭素原子含有膜をエッチングする場合に比べて、炭素原子含有膜に対するエッチング速度を向上させることができる。

[0009] 上記アスペクト比は4~40であってもよい。

[0010] 上記第1開口部の形状はトレンチまたはホールであってもよい。

[0011] 上記炭素原子含有膜はアモルファスカーボンを含んでもよい。

[0012] 上記マスクは、酸素含有材料を含んでもよい。

[0013] 上記酸素含有材料は二酸化珪素であってもよい。

上記炭素原子含有膜の厚さは、10.0 μm以下であってもよい。

上記マスクの厚さは、上記炭素原子含有膜の厚さの0.01倍以上であつ

てよい。

上記マスクの厚さは、上記炭素原子含有膜の厚さの0.5倍以下であってよい。

[0014] 上記混合ガスにおいて、上記二酸化硫黄及び酸素の合計体積中の二酸化硫黄の含有率が20～40体積%であってよい。

発明の効果

[0015] 本開示によれば、炭素原子含有膜に対するエッチング速度を向上させることができる炭素原子含有膜のドライエッチング方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法のエッチング工程前の構造体の一例を示す断面図である。

[図2]図1の構造体が配置されたエッチングチャンバーを示す概略図である。

[図3]本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法のエッチング工程後の構造体の一例を示す断面図である。

[図4]図3のマスク及び炭素原子含有膜の部分拡大図である。

[図5]実施例1～3及び比較例1～3における、炭素原子含有膜の第2開口部のアスペクト比に対してエッチング速度をプロットした結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法の実施形態について図1～図4を参照しながら詳細に説明する。ただし、本開示は以下の実施形態に限定されるものではない。

[0018] 図1は、本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法のエッチング工程前の構造体の一例を示す断面図、図2は、図1の構造体が配置されたエッチングチャンバーを示す概略図、図3は、本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法のエッチング工程後の構造体の一例を示す断面図、図4は、図3の炭素原子含有膜の部分拡大図である。

本開示の炭素原子含有膜のドライエッチング方法は、炭素原子を含有する

炭素原子含有膜 20 をエッチングガスによりエッチングする方法であり、少なくとも酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガス G を、炭素原子含有膜 20、及び、第 1 開口部 31 を有するマスク 30 を備える構造体 100 が配置されたエッチングチャンバー 1 に導入する混合ガス導入工程と、混合ガス G をエッチングチャンバー 1 内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスを用いて、構造体 100 の炭素原子含有膜 20 をエッチングして第 2 開口部 21 を形成するエッチング工程とを含む（図 1～3 参照）。そして、エッチング工程において、下記式（1）で定義されるアスペクト比が 1～40 となるように第 2 開口部 21 が形成される。

$$\text{アスペクト比} = L2 / L1 \cdots (1)$$

（上記式（1）中、L1 は、第 1 開口部 31 の設計幅を表し、L2 は、第 2 開口部 21 の深さを表す。）

[0019] 上記炭素原子含有膜のドライエッチング方法によれば、エッチング時のアスペクト比を上記の範囲に制御しながら、酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガス G のプラズマガスで炭素原子含有膜 20 をエッチングすることで、酸素及び硫化カルボニルを含む混合ガス G のプラズマガスで炭素原子含有膜 20 をエッチングする場合に比べて、炭素原子含有膜 20 に対するエッチング速度を向上させることができる。

[0020] 以下、上記混合ガス導入工程及びエッチング工程について詳細に説明する。

[0021] <混合ガス導入工程>

構造体 100 は、炭素原子を含有する炭素原子含有膜 20、および、第 1 開口部 31 を有するマスク 30 を備える。構造体 100 は、図 1 に示すように、炭素原子含有膜 20 を支持する支持体 10 をさらに備えてもよい。この場合、炭素原子含有膜 20 は、マスク 30 と支持体 10 との間に配置される。また、構造体 100 は、支持体 10 と炭素原子含有膜 20 との間に中間膜（図示せず）をさらに備えてもよい。

[0022] （支持体）

支持体10は、炭素原子含有膜20を支持する部材であれば特に制限されるものではないが、支持体10を構成する材料としては、例えばシリコン、ゲルマニウムなどが挙げられる。中でも、シリコンが好ましい。この場合、バンドギャップが広いため高圧下における耐久性がより向上する。

[0023] 支持体10の厚さは、特に制限されるものではないが、 $254\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $520\mu\text{m}$ 以上であってよい。支持体10の厚さが $254\mu\text{m}$ 以上であると、機械的強度がより向上する。また、支持体10の厚さは、 $795\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $725\mu\text{m}$ 以下であってよい。支持体10の厚さが $795\mu\text{m}$ 以下であると、構造体100を所定サイズのウエハーにカットし易くなる。

(中間膜)

中間膜としては、シリカ(SiO_2)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、アモルファスシリコン(a:Si)や多結晶シリコン(poly:Si)などが挙げられる。

[0024] (炭素原子含有膜)

炭素原子含有膜20は、炭素原子を含有する膜であれば特に制限されるものではない。炭素原子含有膜20は、アモルファスカーボン等の無機系カーボン膜でよく、レジスト膜やポリイミド系膜等の有機高分子膜であってよい。炭素原子含有膜20がアモルファスカーボンであると、炭素原子含有膜20にパターンを転写する際にエッチング選択比(すなわちマスクのエッチング速度 V_m に対する炭素原子含有膜のエッチング速度 V_c の比)を大きくすることができる。

[0025] 炭素原子含有膜20の厚さは、特に制限されるものではないが、 $0.1\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であってよい。炭素原子含有膜20の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以上であると、炭素原子含有膜20の下層に中間膜が被エッチング層として積層されていた場合、炭素原子含有膜20が被エッチング層のマスクとしての機能を示すことが可能となる。また、炭素原子含有膜20の厚さは、 $10.0\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $5.0\mu\text{m}$ 以下であってよい。

よい。炭素原子含有膜20の厚さが10.0 μ m以下であると、エッチング後の炭素原子含有膜20が倒れ難くなる。

[0026] (マスク)

マスク30は、エッチングガスを通過させて炭素原子含有膜20に導く第1開口部31を有する。第1開口部31は、トレンチでよく、ホールでもよい。マスク30は、炭素原子含有膜20よりもエッチングガスによるエッチング速度が低いものであることが好ましく、このようなマスク30としては、酸素含有材料を含むことが好ましい。この場合、エッチングガスによるエッチング速度が低くなる。酸素含有材料としては、二酸化珪素、酸窒化珪素などが挙げられる。中でも、経済性の観点から、二酸化珪素が好ましい。

[0027] マスク30の厚さは、特に制限されるものではないが、炭素原子含有膜20の厚さの0.01倍以上であってよく、0.05倍以上であってよい。マスク30の厚さが炭素原子含有膜20の厚さの0.01倍以上であると、炭素原子含有膜20の異方性エッチングが可能となる。また、マスク30の厚さは、炭素原子含有膜20の厚さの0.5倍以下であってよく、0.2倍以下であってよい。マスク30の厚さが炭素原子含有膜20の厚さの0.5倍以下であると、エッチング後において炭素原子含有膜20が倒れ難くなる。

[0028] (エッチングチャンバー)

エッチングチャンバー1は、酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスGがプラズマ化されるプラズマガスにより炭素原子含有膜20のエッチングが行われる容器であり、エッチング装置の一部を構成する。

エッチング装置としては、マイクロ波ECRプラズマ方式のエッチング装置、容量結合型プラズマ方式(CCP)のエッチング装置、誘導結合型プラズマ方式(ICP)のエッチング装置などが挙げられるが、エッチング装置はこれらに限定されるものではない。

[0029] (混合ガス)

混合ガスGは、酸素及び二酸化硫黄を含む。酸素及び二酸化硫黄の合計体

積中の二酸化硫黄の含有率は0体積%より大きければ特に制限されるものではないが、20～40体積%であってよく、25～35体積%であってよい。

酸素及び二酸化硫黄の合計体積中の二酸化硫黄の含有率が20～40体積%の範囲内にあると、炭素原子含有膜20に対するエッチング速度をより効果的に向上させることができる。

[0030] エッチングチャンバー1に導入する際の上記混合ガスGの流量は、0.1 mL/min以上であってよく、1 mL/min以上であってよく、10 mL/min以上であってよい。混合ガスGの流量が1 mL/min以上であると、炭素原子含有膜20のエッチングに必要なイオンやラジカルを効率的に生成することが可能となる。

エッチングチャンバー1に導入する際の上記混合ガスGの流量は、1000 mL/min以下であってよく、1000 mL/min以下であってよく、100 mL/min以下であってよい。混合ガスGの流量が1000 mL/min以下であると、エッチング装置の真空度を低圧で保持し易くなる。

[0031] <エッチング工程>

エッチング工程は、混合ガスGをエッチングチャンバー1内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスを用いて、構造体100の炭素原子含有膜20をエッチングして第2開口部21を形成する工程である。エッチング工程により構造体100は構造体200となる。

[0032] (エッチングチャンバー内の圧力)

ドライエッチングを行う際のエッチングチャンバー1内の圧力は、0.1 mTorr～100 Torrであってよく、0.1 mTorr～100 mTorrであってよい。エッチングチャンバー1内の圧力が0.1 mTorr～100 mTorrであると、圧力が低いため、第2開口部21に対し優れた形状制御を行うことが可能となる。

[0033] (アンテナ電力)

エッチング装置として、誘導結合型プラズマ方式（ICP）のエッチング装置が用いられる場合、アンテナ電力は、特に制限されるものではないが、50～1000Wであってよく、100～800Wであってよく、200～600Wであってよい。アンテナ電力を50～1000Wとすることで、炭素原子含有膜20を高速かつ異方的にエッチングできる。

[0034] (バイアス電力)

エッチング装置として、誘導結合型プラズマ方式（ICP）のエッチング装置が用いられる場合、バイアス電力は、特に制限されるものではないが、10W以上であってよく、25W以上であってよく、50W以上であってよい。バイアス電力を10W以上とすることで、アスペクト比を大きくしやすくなる。

また、バイアス電力は、500W以下であってよく、300W以下であってよく、200W以下であってよい。バイアス電力を500W以下とすることで、ドライエッチングを適切に制御し易くなる。

[0035] (第2開口部)

エッチング後の炭素原子含有膜20の第2開口部21の形状は、第1開口部31の形状と同一である。すなわち、第1開口部31がトレンチである場合には、第2開口部21もトレンチであり、第1開口部31がホールである場合には第2開口部21もホールである。

[0036] エッチング後のアスペクト比は1～40であれば特に限定されるものではないが、4～40であってよく、5～40であってよく、5～25であってよい。

アスペクト比が40以下であることで、酸素及び硫化カルボニルを含む混合ガスのプラズマガスで炭素原子含有膜20をエッチングする場合に比べて、炭素原子含有膜20に対するエッチング速度を向上させることができる。なお、炭素原子含有膜20に対してマスク30と反対側に層（下層）が設けられている場合、アスペクト比が1以上であることで、例えば炭素原子含有膜20が下層のエッチング時にマスクとして効果を示し易くなる。下層とし

ては、シリカ (SiO_2)、窒化ケイ素 (Si_3N_4)、アモルファスシリコン (a:Si) や多結晶シリコン (poly:Si) などが挙げられる。

[0037] ここで、アスペクト比とは、上記式 (1) で表される。すなわち、アスペクト比とは、第1開口部31の設計幅 (L_1) に対する第2開口部21の深さ (L_2) の比 (L_2/L_1) をいう (図4参照)。第1開口部31の設計幅とは、マスク30の断面における炭素原子含有膜20とマスク30との界面に沿った第1開口部31の長さをいう。ここで、マスク30の第1開口部31がトレンチパターンである場合には、マスク30の断面は、トレンチの長手方向に直交しかつマスク30の厚さ方向に沿った面に沿った断面をいう。第2開口部21の深さとは、炭素原子含有膜20の断面において、炭素原子含有膜20とマスク30との界面から第2開口部21の底面までの長さであって、炭素原子含有膜20の厚さ方向に沿った長さをいう。

[0038] エッチング性能を確認する分析機器としては、SEM (走査電子顕微鏡) 及びTEM (透過電子顕微鏡) が挙げられるが、分析機器は、エッチング速度やボーイングの発生状況を確認できる装置であれば特に限定されるものではない。

[0039] なお、本開示の要旨は以下のとおりである。

[1] 炭素原子を含有する炭素原子含有膜をエッチングガスによりエッチングする炭素原子含有膜のドライエッチング方法であって、少なくとも酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスを、前記炭素原子含有膜、および、第1開口部を有するマスク、を備える構造体が配置されたエッチングチャンバーに導入する混合ガス導入工程と、前記混合ガスを前記エッチングチャンバー内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスを前記エッチングガスとして用いて、前記構造体の前記炭素原子含有膜をエッチングして第2開口部を形成するエッチング工程とを含み、前記エッチング工程において、アスペクト比が1~40となるように前記第2開口部を形成する、炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[2] 前記アスペクト比が4~40である、[1]に記載の炭素原子含有膜

のドライエッチング方法。

[3] 前記第1開口部の形状がトレンチまたはホールである、[1]又は[2]に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[4] 前記炭素原子含有膜がアモルファスカーボンを含む、[1]～[3]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[5] 前記マスクが酸素含有材料を含む、[1]～[4]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[6] 前記酸素含有材料が二酸化珪素である、[5]に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[7] 前記炭素原子含有膜の厚さが、 $10.0\mu\text{m}$ 以下である、[1]～[6]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[8] 前記マスクの厚さが、前記炭素原子含有膜の厚さの 0.01 倍以上である、[1]～[7]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[9] 前記マスクの厚さが、前記炭素原子含有膜の厚さの 0.5 倍以下である、[1]～[8]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

[10] 前記混合ガスにおいて、前記二酸化硫黄及び前記酸素の合計体積中の前記二酸化硫黄の含有率が $20\sim 40$ 体積%である、[1]～[9]のいずれかに記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

実施例

[0040] 以下、実施例および比較例を挙げて本開示について更に具体的に説明する。ただし、本開示は以下の実施例に限定されるものではない。

[0041] [実施例1]

まず、支持体としてのSi基板、及び、炭素原子含有膜としてのアモルファスカーボン膜（厚さ：約 700nm ）からなる積層体を用意した。そして、この積層体のアモルファスカーボン膜の上に、リソグラフィーで第1開口部としてのマスクパターンが形成された、下層に珪素膜を有する二酸化珪素

膜（珪素膜及び二酸化珪素膜の合計厚さ：約50nm）をマスクとして配置し、20mm角の構造体を用意した（図1参照）。このとき、マスクのマスクパターンはトレンチパターンであり、トレンチ設計幅（第1開口部の設計幅） L_1 は80nm、マスク設計幅（マスクのうち第1開口部以外の実体部分の設計幅（トレンチパターン同士間の幅）） W は80nmとした（図1参照）。そして、直径150mmのウエハーに、上記のようにして得られた構造体を貼り付けて、エッチング装置のエッチングチャンバー内にある処理ステージ上に設置した。このとき、エッチング装置としては、誘導結合型プラズマ方式（ICP）のエッチング装置（製品名「NLD6000」、アルバック社製）を用いた。

そして、以下のようにしてアモルファスカーボン膜のドライエッチングを実施した。すなわち、エッチングチャンバー内の真空圧を3.8mTorr、アンテナ電力を400W、バイアス電力を100Wに設定し、エッチングチャンバー内に混合ガスを50mL/minの流量で導入してプラズマガスをエッチングガスとして発生させ、このプラズマガスによりアモルファスカーボン膜のドライエッチングを行い、アモルファスカーボン膜に第2開口部としてのトレンチパターンを形成した。こうして炭素原子含有膜のドライエッチングが完了した。

このとき、混合ガスは、酸素及び二酸化硫黄の混合ガスで構成され、エッチング時間は2分30秒であり、酸素及び二酸化硫黄の合計体積中の二酸化硫黄の含有率は30体積%（酸素の含有率は70体積%）とした。また、第2開口部は、エッチング深さ L_2 が600nmとなるように、すなわちアスペクト比が7.5となるように形成した。なお、アスペクト比は下式（1）より算出した。

$$\text{アスペクト比} = \text{エッチング深さ } L_2 \text{ (nm)} \div \text{トレンチ設計幅 } L_1 \text{ (nm)} \\ \dots (1)$$

エッチング完了後、アモルファスカーボン膜の断面をSEM（製品名「SU8230」、日立ハイテク社製）で観察し、アモルファスカーボン膜に形成されたトレンチパターンのエッチング深さ（L2）を実際に確認したところ、エッチング深さL2の実測値は599nmであり、エッチング速度は、表1に示すとおり240nm/minであった。なお、エッチング深さL2の実測値に基づくアスペクト比は7.5であった。

また、アモルファスカーボン膜の断面をSEMで観察する際、第2開口部を確認したところ、第2開口部の内壁面は、あまりエッチングされておらず、ポーリングの発生が抑制されており、異方性の高いエッチングが進行していることが分かった。

[0042] [比較例1]

混合ガス、エッチング時間及びアスペクト比を表1に示すとおりとしたこと以外は実施例1と同様にしてアモルファスカーボン膜のドライエッチングを行った。そして、エッチング速度を算出した。結果を表1に示す。表1に示すとおり、エッチング速度は170nm/minであった。

[0043] [実施例2]

積層体のアモルファスカーボン膜の厚さを約2400nmとし、マスクとして、下層に珪素膜を有する二酸化珪素膜の厚さ（珪素膜及び二酸化珪素膜の合計厚さ）が約350nm、トレンチ設計幅（第1開口部の設計幅）L1が80nm、マスク設計幅（マスクのうち第一開口部以外の実体部分の設計幅）Wが320nmであるマスクを用い、混合ガス、エッチング時間及びアスペクト比を表2に示すとおりとしたこと以外は実施例1と同様にしてアモルファスカーボン膜のドライエッチングを行った。そして、エッチング速度を算出した。結果を表2に示す。表2に示すとおり、エッチング速度は154nm/minであった。

[0044] [比較例2]

混合ガス、エッチング時間及びアスペクト比を表2に示すとおりとしたこと以外は実施例2と同様にしてアモルファスカーボン膜のドライエッチング

を行った。そして、エッチング速度を算出した。結果を表2に示す。表2に示すとおり、エッチング速度は107 nm/minであった。

[0045] [実施例3]

積層体のアモルファスカーボン膜の厚さを約2400 nmとし、マスクとして、下層に珪素膜を有する二酸化珪素膜の厚さ（珪素膜及び二酸化珪素膜の合計厚さ）が約350 nm、トレンチ設計幅（第1開口部の設計幅）L1が80 nm、マスク設計幅（マスクのうち第一開口部以外の実体部分の設計幅）Wが320 nmであるマスクを用い、混合ガス、エッチング時間及びアスペクト比を表3に示すとおりとしたこと以外は実施例1と同様にしてアモルファスカーボン膜のドライエッチングを行った。そして、エッチング速度を算出した。結果を表3に示す。表3に示すとおり、エッチング速度は123 nm/minであった。

[0046] [比較例3]

混合ガス、エッチング時間及びアスペクト比を表3に示すとおりとしたこと以外は実施例3と同様にしてアモルファスカーボン膜のドライエッチングを行った。そして、エッチング速度を算出した。結果を表3に示す。表3に示すとおり、エッチング速度は88 nm/minであった。

[表1]

	混合ガス	エッチング時間 (min)	アスペクト比	エッチング速度 (nm/min)
実施例1	二酸化硫黄30%/酸素70%	2.5	7.5	240
比較例1	硫化カルボニル30%/酸素70%	3	6.4	170

[表2]

	混合ガス	エッチング時間 (min)	アスペクト比	エッチング速度 (nm/min)
実施例2	二酸化硫黄30%/酸素70%	9	17.3	154
比較例2	硫化カルボニル30%/酸素70%	13	17.4	107

[表3]

	混合ガス	エッチング時間 (min)	アスペクト比	エッチング速度 (nm/min)
実施例3	二酸化硫黄30%/酸素70%	15	23.0	123
比較例3	硫化カルボニル30%/酸素70%	20	22.0	88

[0047] 表1～3に示す結果に基づき、実施例1～3及び比較例1～3におけるアスペクト比に対してエッチング速度をプロットした結果を図5に示す。

図5に示す結果より、アスペクト比がほぼ同様である場合には、炭素原子含有膜をドライエッチングする際、硫化カルボニルを含む混合ガスよりも二酸化硫黄を含む混合ガスの方が、エッチング速度が向上していることが分かる。

符号の説明

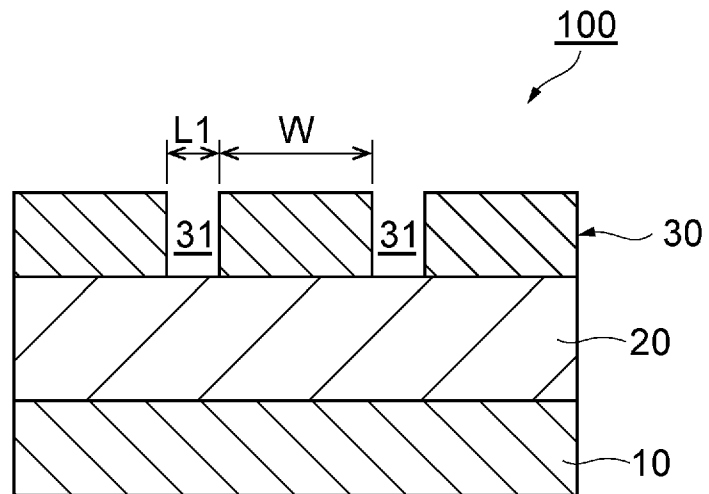
[0048] 1…エッチングチャンバー、10…支持体、20…炭素原子含有膜、21…第2開口部、30…マスク、31…第1開口部、100…構造体、200…構造体、L1…第1開口部の設計幅、L2…第2開口部の深さ、W…マスク設計幅（マスクのうち第1開口部以外の実体部分の幅）、G…混合ガス。

請求の範囲

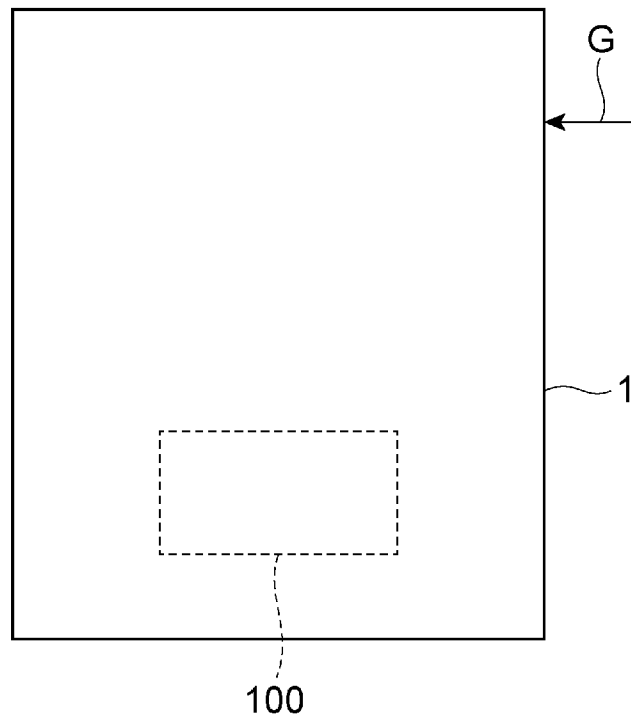
- [請求項1] 炭素原子を含有する炭素原子含有膜をエッチングガスによりエッチングする炭素原子含有膜のドライエッチング方法であって、
- 少なくとも酸素及び二酸化硫黄を含む混合ガスを、前記炭素原子含有膜、および、第1開口部を有するマスク、を備える構造体が配置されたエッチングチャンバーに導入する混合ガス導入工程と、
- 前記混合ガスを前記エッチングチャンバー内でプラズマ化してプラズマガスを発生させ、このプラズマガスを前記エッチングガスとして用いて、前記構造体の前記炭素原子含有膜をエッチングして第2開口部を形成するエッチング工程とを含み、
- 前記エッチング工程において、下記式(1)で定義されるアスペクト比が1~40となるように前記第2開口部を形成する、炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- $$\text{アスペクト比} = L_2 / L_1 \cdots (1)$$
- (前記式(1)中、 L_1 は、前記第1開口部の設計幅を表し、 L_2 は、前記第2開口部の深さを表す。)
- [請求項2] 前記アスペクト比が4~40である、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項3] 前記第1開口部の形状がトレンチまたはホールである、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項4] 前記炭素原子含有膜がアモルファスカーボンを含む、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項5] 前記マスクが酸素含有材料を含む、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項6] 前記酸素含有材料が二酸化珪素である、請求項5に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項7] 前記炭素原子含有膜の厚さが、 $10.0 \mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

- [請求項8] 前記マスクの厚さが、前記炭素原子含有膜の0.01倍以上である、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項9] 前記マスクの厚さが、前記炭素原子含有膜の0.5倍以下である、請求項1に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。
- [請求項10] 前記混合ガスにおいて、前記二酸化硫黄及び前記酸素の合計体積中の前記二酸化硫黄の含有率が20～40体積%である、請求項1～9のいずれか一項に記載の炭素原子含有膜のドライエッチング方法。

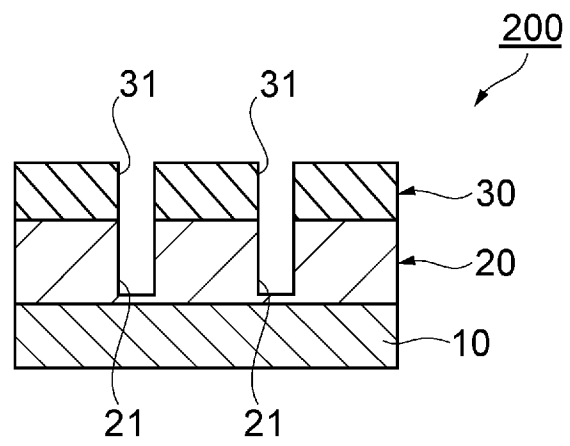
[図1]



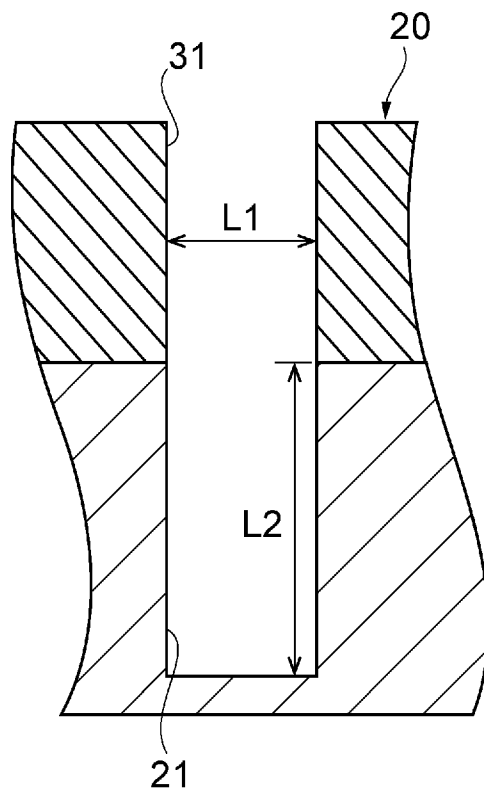
[図2]



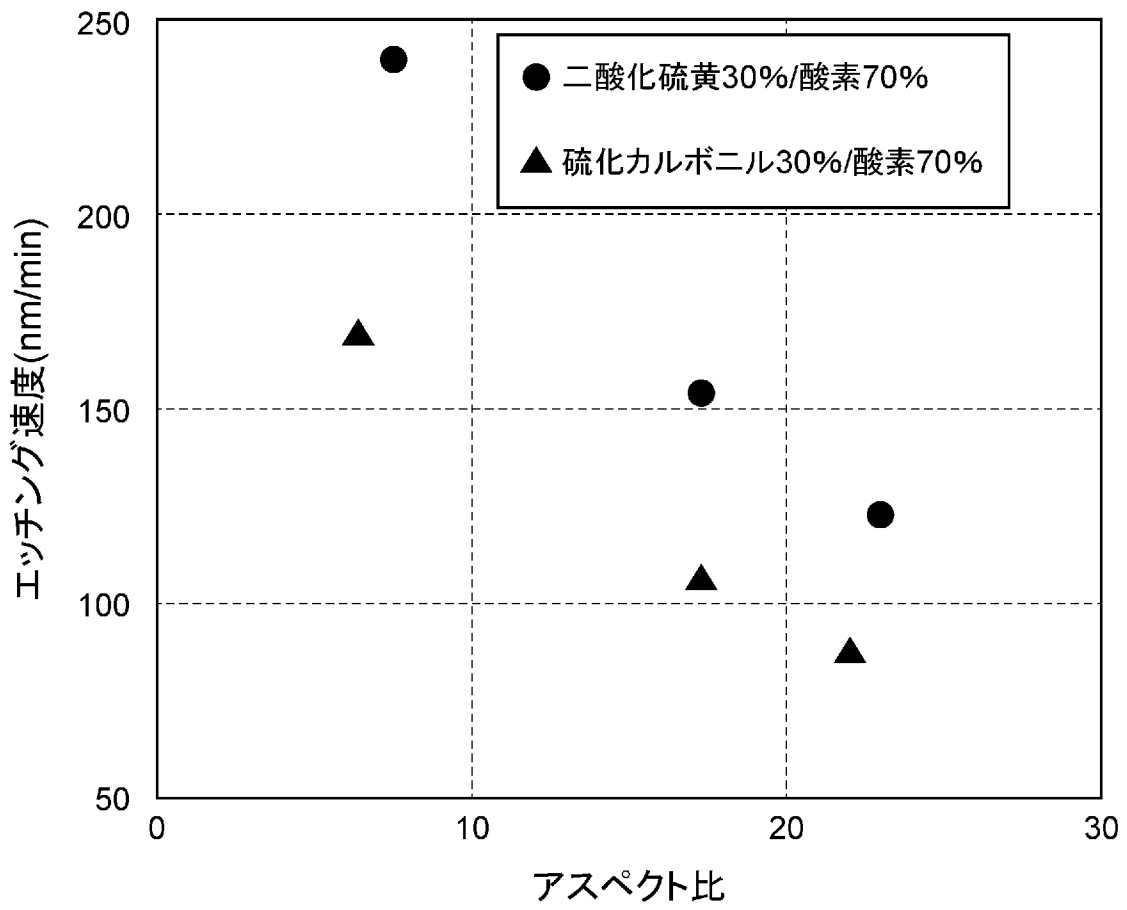
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/026644

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 21/3065</i> (2006.01)i FI: H01L21/302 105A		
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 Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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	US 2022/0189781 A1 (TOKYO ELECTRON LTD.) 16 June 2022 (2022-06-16) paragraphs [0034]-[0050], [0062], [0063], [0072], fig. 3, 6	1-4, 7, 10 5, 6, 8, 9
Y	JP 2008-512002 A (MICRON TECHNOLOGY, INC.) 17 April 2008 (2008-04-17) paragraphs [0032], [0034], [0035], [0043]	5, 6, 8, 9
Y	JP 2012-204668 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 22 October 2012 (2012-10-22) paragraphs [0035], [0036]	5, 6, 8, 9
A	US 2017/0125260 A1 (LAM RESEARCH CORP.) 04 May 2017 (2017-05-04) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2018-200925 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 20 December 2018 (2018-12-20) entire text, all drawings	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 21 September 2023		Date of mailing of the international search report 03 October 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/026644

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2022/0189781	A1	16 June 2022	WO 2022/125781 A1 paragraphs [0034]-[0050], [0062], [0063], [0072], fig. 3, 6	
JP	2008-512002	A	17 April 2008	US 2006/0046484 A1 paragraphs [0053], [0055], [0056], [0064] WO 2006/026699 A2 EP 2219207 A1 KR 10-2007-0058578 A CN 101044596 A	
JP	2012-204668	A	22 October 2012	US 2012/0244709 A1 paragraphs [0049], [0050] KR 10-2012-0109343 A	
US	2017/0125260	A1	04 May 2017	CN 106653532 A entire text, all drawings KR 10-2017-0054282 A	
JP	2018-200925	A	20 December 2018	US 2018/0342401 A1 entire text, all drawings KR 10-2018-0129650 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/3065(2006.01)i FI: H01L21/302 105A		
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）） 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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	US 2022/0189781 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 16.06.2022 (2022 - 06 - 16) 段落[0034]-[0050], [0062], [0063], [0072], 図3, 6	1-4, 7, 10
Y		5, 6, 8, 9
Y	JP 2008-512002 A (マイクロン テクノロジー, インコーポレイテッド) 17.04.2008 (2008 - 04 - 17) 段落[0032], [0034], [0035], [0043]	5, 6, 8, 9
Y	JP 2012-204668 A (東京エレクトロン株式会社) 22.10.2012 (2012 - 10 - 22) 段落[0035], [0036]	5, 6, 8, 9
A	US 2017/0125260 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 04.05.2017 (2017 - 05 - 04) 全文、全図	1-10
A	JP 2018-200925 A (東京エレクトロン株式会社) 20.12.2018 (2018 - 12 - 20) 全文、全図	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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 21.09.2023	国際調査報告の発送日 03.10.2023	
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） 川原 光司 50 5382 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	

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/JP2023/026644

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2022/0189781 A1	16.06.2022	WO 2022/125781 A1 段落[0034]-[0050], [0062], [0063], [0072], 図3, 6	
JP 2008-512002 A	17.04.2008	US 2006/0046484 A1 段落[0053], [0055], [0056], [0064] WO 2006/026699 A2 EP 2219207 A1 KR 10-2007-0058578 A CN 101044596 A	
JP 2012-204668 A	22.10.2012	US 2012/0244709 A1 段落[0049], [0050] KR 10-2012-0109343 A	
US 2017/0125260 A1	04.05.2017	CN 106653532 A 全文、全図 KR 10-2017-0054282 A	
JP 2018-200925 A	20.12.2018	US 2018/0342401 A1 全文、全図 KR 10-2018-0129650 A	