(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12月5日(05.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/247461 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/302 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/012084

(22) 国際出願日： 2024年3月26日(26.03.2024)

(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 2023-089319 2023年5月31日(31.05.2023) JP

(71) 出願人: ＡＧＣ株式会社 **(AGC INC.)** [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 小野 良貴 **(ONO, Yoshitaka)**; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 ＡＧＣ株式会社内 Tokyo (JP). 佐野 耕平 **(SANO, Kohei)**; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 ＡＧＣ株式会社内 Tokyo (JP). 林 泰夫 **(HAYASHI, Yasuo)**; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 ＡＧＣ株式会社内 Tokyo (JP).

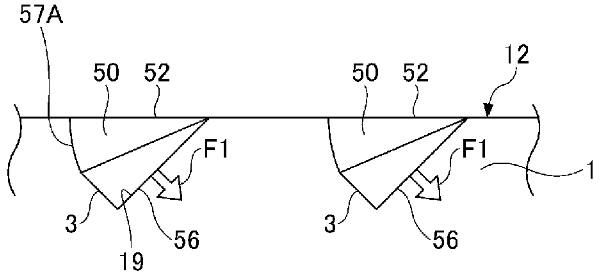
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 **(ITOH, Tadashige** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６階 Tokyo (JP).

(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, 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.

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING MEMBER HAVING RECESS STRUCTURE, AND MEMBER HAVING RECESS STRUCTURE

(54) 発明の名称： 凹部構造を有する部材を製造する方法および凹部構造を有する部材

［図8］



(57) **Abstract:** This method comprises: a step in which a catalyst material is placed in a first area of a first surface of an object to be treated, wherein the first surface comprises an element that forms a fluoride having a boiling point of 550°C or lower, the catalyst material includes an organic compound having a polar functional group, and the catalyst material, in a sectional view, has a first side surface having a first height H1, and a second side surface having a second height H2, the first and second side surfaces facing each other, with the proviso that H1>0 μm, H2 ≥ 0 μm, and H1>H2; a step in which the catalyst material is irradiated with irradiation light including deep ultraviolet light having a wavelength of 380 nm or shorter; and a step in which the object being treated is exposed to a fluorine-containing gas at 80°C or higher.

WO 2024/247461 A1

［続葉有］

(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：
— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：被処理体の第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素で構成され、前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、前記触媒材料は、断面視、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、ただし、Ｈ１＞０μｍ、Ｈ２≧０μｍであり、かつ高さＨ１は、高さＨ２よりも高い、ステップと、波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップと、８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップと、を有する、方法。

明 細 書

発明の名称 ：

凹部構造を有する部材を製造する方法および凹部構造を有する部材

技術分野

[0001] 本発明は、凹部構造を有する部材を製造する方法および凹部構造を有する部材に関する。

背景技術

[0002] 試料の表面に微細な凹部構造を形成することができる微細加工技術は、様々な分野にニーズがある。微細加工技術として、これまでに様々な方法が提案され、実用化されている。

[0003] 微細加工技術の１つにドライエッチング法があり、この方法では、反応性の気体、イオン、および／またはラジカル等の反応体を用いて、試料の表面がエッチングされる。

[0004] 例えば、誘導結合型反応性イオンエッチング（ＩＣＰ－ＲＩＥ：Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ－ＲＩＥ）法に代表される、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）法では、エッチングガスをプラズマ化させ、これを試料に衝突させることにより、エッチングが行われる。そのようなＲＩＥ法では、試料に対して極めて微細な加工が可能であることが報告されている（例えば、非特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１２－４２５１５号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：ｘｉａｏ Ｌｉ，Ｋｉｎｇ Ｙｕｋ Ｃｈａｎ ａｎｄ Ｒｏｄｉｃａ Ｒａｍｅｒ，“Ｆａｂｒｉｃａｔｉｏｎ ｏｆ Ｔｈｒｏｕｇｈ ｖｉａ Ｈｏｌｅｓ ｉｎ Ｕｌｔｒａ－Ｔｈｉｎ Ｆｕｓｅｄ ＳｉｌｉｃａＷａｆｅｒｓ ｆｏｒ Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ ａｎｄ Ｍｉｌｌｉｍｅ

ｔｅｒ－Ｗａｖｅ　Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎｓ”，ｍｉｃｒｏｍａｃｈｉｎｅｓ，２０１８，９，１３８

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007]　微細加工技術の分野では、新たな光学部材の創生等の観点から、被処理体の表面に対して様々な形状の凹部構造が形成できることが好ましい。

[0008]　しかしながら、前述のＲＩＥ法では、複雑な形状の凹部構造を形成することは難しいという問題がある。

[0009]　例えば、特許文献１には、前述のＲＩＥ法により、被処理体の表面の垂線に対して、延伸軸が斜めに傾斜した凹部構造の製造方法が記載されている。

[0010]　しかしながら、記載の方法では、ＲＩＥ法のエッチング特性上、凹部構造の底面よりも開口側でエッチングが優先的に生じる。このため、開口付近で凹部構造が広くなる傾向にあり、深さ方向に沿って均一な幅寸法を有する凹部構造を高精度に形成することは難しい。

[0011]　また、ＲＩＥ法では、その特性上、被処理体の上部に配置されるマスク材も同時にエッチングされる。通常マスク材の断面は、直方体または台形の形状であるため、斜め方向からエッチングを実施した場合、マスク材の形状に変化が生じる。従って、この点からも、凹部構造の底面よりも開口側でエッチングが優先的に生じてしまうという問題がある。

[0012]　また、特許文献１に記載の方法では、深さ方向に沿って曲線形態を有する凹部構造を形成することは容易ではない。

[0013]　本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、比較的容易に、部材に所定の方向に偏向した凹部構造を形成することが可能な製造方法を提供することを目的とする。また、本発明では、そのような凹部構造を有する部材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

[0014]　本発明では、

凹部構造を有する部材を製造する方法であって、

（１）被処理体の第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、

前記第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素で構成され、

前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、

前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、ただし、Ｈ１＞０μｍ、Ｈ２≧０μｍであり、かつ前記高さＨ１は、前記高さＨ２よりも高い、ステップと、

（２）波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップと、

（３）８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップと、

を有し、

前記（３）のステップの後に、前記第１の領域の下側に凹部構造が形成され、該凹部構造は、前記断面視、前記第１の領域の中心において、前記第１の表面から引いた垂線よりも前記第２の側面の側に偏向した形状を有する、方法が提供される。

[0015] また、本発明では、

第１の表面に凹部構造を有する部材であって、

前記第１の表面は、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含み、

前記凹部構造は、前記第１の表面に形成された開口、底面、および前記開口と前記底面をつなぐ側壁を有し、

前記凹部構造は、該凹部構造の断面視、すなわち前記第１の表面に対して

垂直な断面で見たとき、

曲線形状を有し、

前記開口の寸法Ｐ１に対する前記底面の寸法Ｐ２の比Ｐ２／Ｐ１は、０．９９以上、１．１未満の範囲であり、

前記底面の中心は、前記開口の中心から前記第１の表面に対して垂直な方向に延伸した延伸軸に対してずれている、部材が提供される。

発明の効果

[0016] 本発明では、比較的容易に、部材に所定の方向に偏向した凹部構造を形成することが可能な製造方法を提供することができる。また、本発明では、そのような凹部構造を有する部材を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]有機化合物が極性官能基を有さない場合の、被処理体の第１の表面において生じ得る反応機構を模式的に示した図である。

[図2]有機化合物が極性官能基を有する場合の、被処理体の第１の表面において生じ得る反応機構を模式的に示した図である。

[図3]有機化合物が別の極性官能基を有する場合の、被処理体の第１の表面において生じ得る反応機構を模式的に示した図である。

[図4]ガラスのフッ化水素（ＨＦ）ガスエッチングの際の処理温度とエッチング反応速度の関係を示した図である。

[図5]「基本エッチング技術」における一過程を模式的に示した断面図である。

[図6]「基本エッチング技術」における一過程を模式的に示した断面図である。

[図7]本発明の一実施形態による方法において、被処理体の第１の表面に触媒材料のパターンが設置された状態を模式的に示した断面図である。

[図8]本発明の一実施形態による方法において、被処理体の第１の表面においてエッチングが進行する状態を模式的に示した断面図である。

[図9]本発明の一実施形態による方法おいて、被処理体の第１の表面において

エッチングが進行する状態を模式的に示した断面図である。

[図10]本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法のフローを概略的に示した図である。

[図11]本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法において、被処理体に触媒材料が設置された様子を模式的に示した斜視図である。

[図12]図１１のＩ－Ｉ線に沿った断面を模式的に示した図である。

[図13]本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法において、エッチングプロセス後の被処理体の一例を模式的に示した断面図である。

[図14]本発明の一実施形態による部材の斜視図である。

[図15]図１４に示した本発明の一実施形態による部材のＩＩ－ＩＩ線に沿った模式的な断面図である

[図16]本発明の一実施形態による部材における凹部構造の側壁の表面の形態を模式的に示した図である。

[図17]本発明の一実施形態において形成された触媒材料の断面を模式的に示した図である。

[図18]本発明の一実施形態（サンプル１）による凹部構造の断面の一例を示した写真である。

[図19]本発明の一実施形態（サンプル２）による凹部構造の断面の一例を示した写真である。

[図20]本発明の一実施形態（サンプル３）による凹部構造の断面の一例を示した写真である。

[図21]本発明の一実施形態（サンプル４）による凹部構造の断面の一例を示した写真である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態について説明する。

[0019] （基本エッチング技術）

前述のように、従来のＲＩＥ法では、深さ方向に沿って複雑な形状を含む凹部構造を有する部材を製造することは難しいという問題がある。

[0020] このような従来の問題に対処するため、本願発明者らは鋭意研究開発を実施し、深さ方向に沿って複雑な形状、特に曲線形状を有する凹部構造を形成できる微細加工技術を見出した。

[0021] ここで、本発明の一実施形態による部材の製造方法をより良く理解するため、まず、本願発明者らによってこれまでに開発された微細加工技術（以下、「基本エッチング技術」と称する）について説明する。

[0022] 基本エッチング技術では、第１の表面に触媒材料が設置された被処理体を、８０℃以上の処理温度で、フッ素含有ガスに暴露するプロセス（以下、「エッチングプロセス」と称する）を有する。後に詳しく説明するように、このような「エッチングプロセス」を実施することにより、基本エッチング技術では、被処理体の第１の表面において、触媒材料が設置されている領域（以下、「被覆領域」と称する）を選択的にエッチングすることができる。

[0023] また、基本エッチング技術では、被処理体に対してエッチングプロセスを実施する前に、特定の照射光を触媒材料に照射することにより、その後のエッチングプロセスでのエッチング速度が制御される。

[0024] ここで、基本エッチング技術における触媒材料の役割および処理温度の効果について、説明する。

[0025] なお、以下の記載は、現時点で考察されるメカニズムに基づくものであるが、実際の現象は、その他のメカニズムで生じていてもよい。

[0026] （触媒材料の役割）

基本エッチング技術では、触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を有する。そのような極性官能基を有する有機化合物は、被処理体の表面でのフッ化物形成の活性化エネルギーを下げる役割を有すると考えられる。

[0027] 以下、図１～図３を用いて、この役割について説明する。図１～図３には、触媒材料が設置された被処理体の表面での反応の様子を模式的に示す。

[0028] なお、以下の説明では、一例として、被処理体は、SiO_2とし、被処理体

の被処理表面（第１の表面）は、水素終端化されていると仮定する。

[0029] まず、図１には、有機化合物が極性官能基を有さない場合の、被処理体の第１の表面において想定されるエッチング機構を模式的に示す。

[0030] 被処理体であるＳｉO_2の表面において、触媒材料が設置されている領域、すなわち「被覆領域」に環境からフッ化水素（ＨＦ）ガスが供給された場合、（ｉ）に示すように、ＨＦ分子（ａ）がＳｉ原子（ｂ）に対して求核攻撃する。

[0031] ただし、被処理体の表面でＳｉ原子（ｂ）がＦ原子と反応するためには、（ｉｉ）に示すように、表面のＯＨ基（ｃ）がＨＦ分子（ａ）のＨ原子と相互作用して、Ｈ－Ｆ結合を弱める必要がある。すなわち、ＨＦ分子（ａ）におけるＨ－Ｆ結合を切断するようなエネルギーが提供されなければ、（ｉｉｉ）に示すような、H_2O（ｇ）の脱離を伴うＳｉ－Ｆの結合（ｄ）は生じない。

[0032] しかしながら、本反応系では、Ｓｉ－Ｆの結合（ｄ）の活性化エネルギーの低下に寄与する物質は存在しない。そのため、被覆領域において、有意なエッチング反応は、進行しない。

[0033] なお、この系では、通常のマスクパターン処理のように、被処理体がＨＦガスと直接接触する部分、すなわち表面の触媒材料が設置されていない領域（以下、「非被覆領域」と称する）の方が、エッチング速度が高まる傾向となる。

[0034] 一方、図２には、有機化合物が極性官能基を有する場合の、被処理体の第１の表面での反応機構を模式的に示す。ここでは、極性官能基として、ヒドロキシ基を想定している。

[0035] この場合も、触媒材料の被覆領域に環境からＨＦガスが供給された場合、（ｉ）に示すように、ＨＦ分子（ａ）がＳｉ原子（ｂ）に対して求核攻撃する。

[0036] ただし、今度の場合、これに加えて、極性官能基の－δ部（ｅ）のＯ原子が、ＨＦ分子（ａ）のＨと相互作用する。また、極性官能基の＋δ部（ｆ）

のＨ原子が、表面のＯＨ基（ｃ）と相互作用する。

[0037] 従って、（ｉｉ）に示すように、ＨＦ分子（ａ）のＨ－Ｆ結合が弱められる。また、Ｓｉ（ｂ）－ＯＨ（ｃ）の結合も弱められる。これにより、Ｓｉ原子とＦ原子の結合反応に必要な活性化エネルギーが低下する。

[0038] その結果、（ｉｉｉ）に示すように、極性官能基の－δ部（ｅ）のＯ原子により、ＨＦ分子（ａ）のＨ原子が奪われるとともに、＋δ部（ｆ）のＨ原子が表面のＯＨ基と反応して、H_2O（ｇ）の脱離が生じる。

[0039] これにより、Ｓｉ原子（ｂ）がフッ素原子と結合される。最終的に、以下の反応式（１）により、SiF_4およびH_2Oが形成される。

$$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4\uparrow + 2H_2O\uparrow \qquad (1)$$

反応で生じたSiF_4およびH_2Oは、いずれも処理温度では気体であり、速やかに系外に逸散される。

[0040] 以上の反応機構により、被処理体において、触媒材料の被覆領域の直下が選択的にエッチングされる。

[0041] なお、上記の反応は、極性官能基がヒドロキシ基を含む場合に限られない。例えば、極性官能基が、アルデヒド基、ヒドロキシ基、カルボキシ基、アミノ基、スルホ基、チオール基、およびアミド結合の少なくとも１つを有する場合も、同様の反応が生じ得る。

[0042] また、図２では、有機化合物の極性官能基がＨ原子を含む場合を例に、その反応機構を説明した。しかしながら、有機化合物の極性官能基は、必ずしもＨ原子を有するものに限られない。

[0043] 図３には、有機化合物が別の極性官能基を有する場合の反応機構を模式的に示す。ここでは、極性官能基として、Ｈ原子を有さないカルボニル基（＞Ｃ＝Ｏ）を想定している。

[0044] この例においても、触媒材料の被覆領域に環境からＨＦガスが供給された場合、（ｉ）に示すように、ＨＦ分子（ａ）がＳｉ原子（ｂ）に対して求核

攻撃する。また、極性官能基の－δ部（ｅ）のＯ原子が、ＨＦ分子（ａ）のＨ原子と相互作用する。

[0045] これにより、（ｉｉ）に示すように、ＨＦ分子（ａ）のＨ－Ｆ結合が弱められる。

[0046] 次に、（ｉｉｉ）に示すように、極性官能基の－δ部（ｅ）のＯ原子によりＨＦ分子（ａ）から離脱したＨ原子は、ＯＨ基（ｃ）と結合し、H_2O（ｇ）が生成される。

[0047] このように、この場合も、Ｓｉ原子とＦ原子の結合反応に必要な活性化エネルギーが低下する。その結果、前述の反応式（１）に示した反応が生じ、被処理体において、被覆領域の直下が選択的にエッチングされる。

[0048] 同様の反応機構は、例えば、極性官能基がカルボニル基、ニトロ基、シアノ基、エーテル結合、およびエステル結合の少なくとも１つを有する場合も、生じ得る。

[0049] このように、基本エッチング技術では、触媒材料に含まれる極性官能基を有する有機化合物の存在により、被処理体の被覆領域においてフッ化物生成反応が促進され、被覆領域の直下を選択的にエッチングすることができる。

[0050] （処理温度の影響）

次に、処理温度の影響について説明する。

[0051] 基本エッチング技術では、処理温度は、８０℃以上である。これは、８０℃未満では、被処理体の第１の表面において、被覆領域と非被覆領域との間に、適正なエッチング選択性が生じないためである。

[0052] 以下、図４を参照して、処理温度の影響をより詳しく説明する。

[0053] 図４には、本願発明者らにより取得された、ガラスのフッ化水素（ＨＦ）ガスエッチングの際の処理温度とエッチング反応速度の関係を示す。

[0054] 図４から、ガラスのエッチング速度は、処理温度が８０℃までは、温度に対して徐々に増加する。ただし、処理温度が８０℃以上になると、エッチング速度は、急激に減少する。その結果、エッチング速度は、８０℃未満の温度でピークを示す。

[0055] この現象は、ＨＦガスの会合／非会合状態に対応していると考えられる。すなわち、ＨＦガスは、８０℃未満では、会合状態にあるが、８０℃以上では、非会合（単体）状態となる。また、ＨＦガスが会合状態にある場合、１つの分子で見たとき、Ｈ－Ｆ結合の結合力が相対的に弱まっている。従って、ＨＦ分子のＦ原子は、被処理体の表面と結合し易くなり、フッ化物を形成し易くなる。このような挙動により、８０℃未満では、高いエッチング速度が得られるものと考えられる。

[0056] 基本エッチング技術において、仮に処理温度を８０℃未満とした場合、このようなＨＦガスの会合状態の影響が生じ、触媒材料の非被覆領域において、被処理体がエッチングされてしまう。従って、前述の反応機構による被覆領域でのエッチング選択性が低下してしまう。

[0057] これに対して、処理温度を８０℃以上とした場合、触媒材料の非被覆領域において、会合状態のＨＦガスによる高いエッチング力を抑制できる。また、前述の反応機構に基づき、被覆領域の直下では、被処理体のエッチングが可能となる。その結果、８０℃以上の処理温度では、触媒材料の被覆領域／非被覆領域の間で、高いエッチング選択性を得ることができる。また、これにより、基本エッチング技術では、被覆領域を選択的にエッチングすることができる。

[0058] （形成される凹部構造）

基本エッチング技術では、被処理体の表面の垂線に沿って実質的に平行に延在する側壁を有する凹部構造（以下、「垂直凹部構造」と称する）を、比較的容易に形成できる。

[0059] 以下、図５および図６を参照して、この理由について説明する。

[0060] 図５および図６には、基本エッチング技術の一過程を模式的に示す。

[0061] 図５には、被処理体１の表面に触媒材料３が設置された状態を模式的に示す。なお、図５および図６では、表示の関係上、被処理体１と触媒材料３とは、相互に離間されているように示されているが、実際には、両者は接触している。

[0062]　前述のように、被処理体１は、ＳｉO_2であると仮定し、表面は、Ｈ終端化されていると仮定している。

[0063]　触媒材料３は、極性官能基を有する有機化合物であり、ここでは、極性官能基としてＯＨ基を仮定している。被処理体１の表面への触媒材料３の設置により、被処理体１には、被覆領域８ａおよび非被覆領域８ｂが形成される。

[0064]　前述のように、８０℃以上に加熱された被処理体１をＨＦガスに暴露することにより、触媒材料３が設置された被覆領域８ａの直下で、選択的にエッチングが進行する。これにより、被覆領域８ａの直下に、凹部構造が形成される。

[0065]　図６には、被処理体１のエッチングがある程度進行し、ある深さの凹部構造５が形成された状態を示す。

[0066]　前述のように、被覆領域８ａには、触媒材料３が設置されている。このため、エッチング反応が進行しても、凹部構造５の底面６の上には、依然として触媒材料３が存在する。すなわち、エッチング処理を継続する間、凹部構造５の底面６は、触媒材料３と接触し続ける。これにより、凹部構造５の底面６は、前述の反応機構でエッチングされ続け、底面６は、深さ方向に進行し続ける。

[0067]　一方、凹部構造５の側壁７に着目した場合、いったんエッチングが開始されると、該側壁７の触媒材料３と接触する部分では、前述の機構に従って、エッチング反応が進行する。より正確に言えば、被処理体１の触媒材料３の側面と接触する部分のみがエッチングされる。これにより、触媒材料３の側面と接触する箇所では、側壁７により区画された凹部構造５が形成される。

[0068]　ただし、触媒材料３は、より深く下降し続けるため、ある時点以降、側壁７の上側の部分は、触媒材料３の側面ともはや接触しなくなる。以下、このような、触媒材料３の側面と非接触となった側壁７を「第１の側壁部分７ａ」と称する。

[0069]　ここで、前述のように、非被覆領域８ｂのような、触媒材料３が存在しな

い箇所では、実質的にエッチングが進行しない。換言すれば、被処理体１において、エッチング反応は、触媒材料３と接触しているときにのみ発生し、それ以外の状態では生じない。このため、側壁７において、第１の側壁部分７ａのような、一度触媒材料３と非接触となった箇所は、それ以降、エッチングの進行が事実上停止される。

[0070] 基本エッチング技術では、このような触媒材料３と接触しない第１の側壁部分７ａでのエッチング停止作用の結果、触媒材料３の直下でのみ、被処理体１のエッチングが選択的に進行し、最終的に垂直凹部構造を形成することができる。

[0071] すなわち基本エッチング技術では、開口の面積と底面の面積が実質的に等しい、凹部構造５が形成される。

[0072] また、基本エッチング技術は、被処理体に対してエッチングプロセスを実施する前に、波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線（ＤＵＶ）を含む照射光を触媒材料に照射するステップ（以下、「ＤＵＶ照射プロセス」と称する）を有する。このようなＤＵＶ照射プロセスを追加した場合、後続のエッチングプロセスの際に、被処理体のエッチング速度を制御することが可能となる。

[0073] なお、基本エッチング技術において、ＤＵＶ照射工プロセスを実施した後にエッチングプロセスを実施することにより、被処理体のエッチング速度が制御できるのは、ＤＵＶ照射プロセスによって極性官能基の数が変化するためであると考えられる。

[0074] 以下、前述の図５を再度参照して、係る現象について説明する。

[0075] 図５に示すように、被処理体１の表面に触媒材料３が設置された場合、被処理体１には、被覆領域８ａおよび非被覆領域８ｂが形成される。

[0076] 前述のように被覆領域８ａでは、触媒材料３の存在により、反応式（１）における反応障壁が低くなり、エッチングプロセスの際に、被覆領域８ａで選択的にエッチングが進行する。

[0077] ただし、ＤＵＶ照射プロセスを実施した場合、波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線に対する暴露の結果、触媒材料３内で架橋反応が生じる。架橋反応に

より、触媒材料３に含まれる極性官能基（例えば、Ｃ－ＯＨ基）の数が減少する。そのため、その後のエッチングプロセスの際に、前述の反応式（１）の反応における反応障壁の低減効果が弱まり、エッチング速度が低下するものと考えられる。

[0078] また、この場合、ＤＵＶ照射プロセスにおいて、深紫外線を含む照射光の照射強度、および照射光の照射時間を変えることにより、触媒材料３に含まれる極性官能基の数も変化する。従って、ＤＵＶ照射プロセスにおける照射条件を変更することにより、エッチングプロセスにおいて、被処理体１のエッチング速度を制御することができる。

[0079] 例えば、比較的深さの浅い凹部構造を形成する場合には、ＤＵＶ照射プロセスにおける照射光の照射強度を高め、および／または照射時間を長くしてもよい。これにより、エッチングプロセスでのエッチング速度が有意に低減され、被処理体に対するオーバーエッチングを防止することが可能となる。

[0080] また、比較的深い凹部構造を形成する場合には、ＤＵＶ照射プロセスにおける照射光の照射強度を弱め、および／または照射時間を短くしてもよい。これにより、エッチングプロセスでのエッチング速度が高まり、加工時間を短縮することができる。

[0081] このように、基本エッチング技術では、垂直凹部構造を有する部材を各種エッチング速度で製造することができる。

[0082] （本願発明者らが開発した新たな微細加工技術）

本願発明者らが開発した新たな微細加工技術は、このような「基本エッチング技術」をベースとするものである。

[0083] すなわち、本発明の一実施形態では、

凹部構造を有する部材を製造する方法であって、

（１）被処理体の第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、

前記第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素で構成され、

前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、

前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、ただし、Ｈ１＞０μｍ、Ｈ２≧０μｍであり、かつ前記高さＨ１は、前記高さＨ２よりも高い、ステップと、

（２）波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップと、

（３）８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップと、

を有し、

前記（３）のステップの後に、前記第１の領域の下側に凹部構造が形成され、該凹部構造は、前記断面視、前記第１の領域の中心において、前記第１の表面から引いた垂線よりも前記第２の側面の側に偏向した形状を有する、方法が提供される。

[0084] なお、凹部構造の第２の側面の側に偏向した形状は、直線形状であっても、曲線形状であってもよい。

[0085] 本発明の一実施形態では、第１の表面に設置される触媒材料は、該触媒材料の断面視、相互に対向する第１の側面および第２の側面を有し、記第１の側面の高さＨ１が第２の側面の高さＨ２（Ｈ２≧０μｍ）よりも高いという特徴を有する。

[0086] ここで、「（触媒材料）の断面視」とは、対象となる部材（例えば、触媒材料）を、被処理体の第１の表面に対して垂直な断面で視認することを意味する。

[0087] また、触媒材料の第１の側面は、ある正の値の高さＨ１を有するが、第２の側面は、高さＨ２が０であってもよい。すなわち、本願において、高さＨ１は、Ｈ１＞０μｍで表されるのに対して、高さＨ２は、Ｈ１≧０μｍで表される。なお、Ｈ２＝０の場合、そのような触媒材料は、例えば、略三角形

状の断面を有してもよい。

[0088] このような形態の触媒材料を設置してから、前述のＤＵＶ照射プロセスおよびエッチングプロセスを実施した場合、被処理体に第２の側面の側に偏向した形状を有する凹部構造を形成することができる。

[0089] 以下、図７～図９を参照して、このメカニズムについて説明する。

[0090] 図７～図９には、本発明の一実施形態において、被処理体の第１の表面に凹部構造が形成される過程を模式的に示す。

[0091] 図７は、被処理体１の第１の表面１２に触媒材料３のパターンが設置された状態を示す。図８には、ＤＵＶ照射プロセス後の被処理体１に対して、エッチングプロセスが開始された後（エッチング時間ｔ１）の状態を示す。また、図９には、被処理体１に対するエッチングプロセスがさらに進んだ状態（エッチング時間ｔ２。ｔ２＞ｔ１）を示す。

[0092] 図７に示した例では、第１の表面１２に、断面視、三角形状の触媒材料３が設置されている。触媒材料３は、上面１８および底面１９を有する。上面１８の高さは、図７の左側の最大値から、右側の最小値（ゼロ）まで、連続的に減少する。

[0093] なお、図７に示した触媒材料３は、第１の側（図７の左側）に高さがＨ１の第１の側面１７Ａを有し、第２の側（図７の右側）に高さがＨ２の第２の側面１７Ｂを有する形態を有するとも言える。ただし、示した例では、Ｈ２＝０である。すなわち、本願において、Ｈ１＞０であるのに対して、Ｈ２≧０である。

[0094] このような状態で、触媒材料３のＤＵＶ照射プロセス後の被処理体１に対して、エッチングプロセスを実施した場合、触媒材料３により、第１の表面１２が矢印Ｆ１の方向にエッチングされる。

[0095] ここで、図７に示すように、触媒材料３の高さに関して、Ｈ１＞Ｈ２とした場合、第１の側面１７Ａの側および第２の側面１７Ｂの側において、触媒材料３に含まれる極性官能基の量に差異が生じる。このため、両側において、被処理体１のエッチング速度が変化する。すなわち、極性官能基が多い第

１の側面１７Ａの側では、第２の側面１７Ｂの側よりもエッチング速度が大きくなる。

[0096] その結果、エッチングプロセスが進行した際には、図８に示すように、形成される凹部構造５０は、触媒材料３の第２の側面１７Ｂの直下に比べて、第１の側面１７Ａの直下でより深くなる。

[0097] さらにエッチングプロセスを継続すると、第１の側面１７Ａと第２の側面１７Ｂの間において、エッチング速度の差がより顕著となる。従って、図９に示すように、形成される凹部構造５０は、触媒材料３の第１の側面１７Ａに対応する側壁５７Ａの方が、第２の側面１７Ｂに対応する側壁５７Ｂよりも長くなる。その結果、凹部構造５０は、第２の側面１７Ｂの方に偏向した形態となる。例えば、図９に示した例では、凹部構造５０は、第２の側面１７Ｂの方に向かって湾曲した、非直線状の形態となる。

[0098] 以上の結果、本発明の一実施形態では、第１の表面１２の下側に、所定の方向に偏向した凹部構造５を有する部材を製造することができる。

[0099] なお、本発明の一実施形態では、図９に示すように、前述のメカニズムから、エッチングプロセスのいずれの段階においても、凹部構造５０の底面５６と開口５２の面積は、ほぼ一致する。すなわち、本発明の一実施形態では、形成される凹部構造５０は、断面視、延伸方向において、幅の寸法がほぼ一定であるという特徴を有する。

[0100] （本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法）

次に、図１０～図１２を参照して、本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法について、より詳しく説明する。

[0101] 図１０には、本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材を製造する方法（以下、単に「第１の方法」と称する）のフローを概略的に示す。

[0102] 図１０に示すように、第１の方法は、

（１）第１の表面を有する被処理体を提供するステップであって、

前記第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下となる元素を含む、ステップ（Ｓ１１０）と、

（２）前記被処理体の前記第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、

前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、

前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、

前記第１の側面の高さＨ１（Ｈ１＞０μｍ）は、前記第２の側面の高さＨ２（Ｈ２≧０μｍ）よりも高い、ステップ（Ｓ１２０）と、

（３）波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線（ＤＵＶ）を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップ（Ｓ１３０）と、

（４）８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップ（Ｓ１４０）と、

を有する。

[0103] 以下、各ステップについて説明する。

[0104] （ステップＳ１１０）

まず、被処理体が準備される。

[0105] 被処理体は、単一の部材で構成されても、複数の部材で構成されてもよい。

[0106] 被処理体が単一の部材で構成される場合、被処理体は、フッ素（Ｆ）との反応により、沸点が５５０℃以下のフッ化物が形成される元素で構成される。

[0107] 例えば、被処理体は、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。また、被処理体は、さらに、Ｈ、Ｎ、Ｃｌ、Ｂｒ、およびＯからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。

[0108] 特に、被処理体は、フッ素との反応により、沸点が２００℃以下のフッ化物が形成される元素で構成されることが好ましい。

[0109] 例えば、ケイ素（Ｓｉ）は、フッ化物SiF_4の沸点が－８６℃であり、ケイ素を含む被処理体は、第１の方法における被処理体として、好適に使用することができる。

[0110] なお、ＡｌおよびＣａは、それぞれ、フッ化物（AlF_3）および（CaF_2）の沸点が５５０℃を超える。従って、ＡｌおよびＣａは、フッ素（Ｆ）との反応により、沸点が５５０℃以下のフッ化物が形成される元素とは言えない。

[0111] 被処理体は、例えば、石英ガラス基板、水晶基板、またはケイ素基板であってもよい。

[0112] 一方、被処理体が複数の部材の積層体で構成される場合、被処理体は、最表面（本願の「第１の表面」に対応する）に、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素を含む。

[0113] 前述のように、そのような元素は、例えば、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、W、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定されてもよい。また、第１の表面は、さらに、Ｈ、Ｎ、Ｃｌ、Ｂｒ、およびOからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。

[0114] 例えば、被処理体は、基板の上に設置された１または２以上の膜を有し、最表面の膜が、前述の特徴を満たしてもよい。あるいは、複数の膜全体が、前述の特徴を満たしてもよい。

[0115] そのような膜は、例えば、SiO_2、Si_3N_4、およびＳｉＣの少なくとも１つを有してもよい。

[0116] あるいは、膜とともに、基板も、前述の特徴を有してもよい。この場合、第１の方法により、基板の内部にまで凹部構造が形成された部材を製造できる。基板は、例えば、石英ガラス基板、水晶基板、またはケイ素基板であってもよい。

[0117] なお、以降の説明では、煩雑化を避けるため、被処理体は、単一の石英ガ

ラスで構成され、該石英ガラスの第１の表面に、凹部構造が形成されるものと仮定する。

[0118]　（ステップＳ１２０）

次に、被処理体の第１の表面に触媒材料が設置される。触媒材料は、第１の表面の所定の領域に設置される。

[0119]　触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含む。極性官能基は、例えば、ヒドロキシ基、アルデヒド基、カルボキシ基、アミノ基、スルホ基、チオール基、アミド結合、カルボニル基、ニトロ基、シアノ基、エーテル結合、およびエステル結合からなる群から選定された、少なくとも１つを含んでもよい。

[0120]　そのような有機化合物の代表例は、例えば、フェノール樹脂、アクリル樹脂、およびメタクリル樹脂などである。

[0121]　触媒材料は、前述の極性官能基を有する有機化合物のみで構成されても、他の添加剤との混合物として提供されてもよい。

[0122]　後者の場合、触媒材料は、溶媒、バインダ、および／または微粒子等を含んでもよい。

[0123]　触媒材料の設置方法は、特に限られない。

[0124]　触媒材料は、例えば、塗布法、印刷法、スピンコート法、またはスプレー法などを用いて、被処理体の第１の表面に設置されてもよい。

[0125]　図１１には、被処理体に触媒材料が設置された様子を模式的に示す。

[0126]　図１１に示すように、被処理体１１０は、第１の表面１１２および第２の表面１１４を有する。触媒材料１３０は、被処理体１１０の第１の表面１１２の一部に設置される。

[0127]　なお、図１１に示した例では、触媒材料１３０は、複数の平行な線状のパターン１３１として設置されている。しかしながら、これは、単なる一例であって、触媒材料１３０は、必要な凹部構造に応じて、いかなる態様で設置されてもよい。触媒材料１３０は、例えば、一本の直線として配置されてもよい。あるいは、触媒材料１３０は、例えば、丸い点状のパターン、または

１つの丸い点として配置されてもよい。

[0128]　なお、前述の定義により、第１の表面１１２において、触媒材料１３０が設置された領域は、被覆領域１４０ａと称され、その他の領域は、非被覆領域１４０ｂと称される。

[0129]　図１２には、図１１のＩ－Ｉ線で切断された断面の一部を模式的に示す。

[0130]　図１２に示すように、それぞれの触媒材料１３０は、断面視、左右で厚さ（高さ）の異なる形態を有する。

[0131]　すなわち、各触媒材料１３０は、上面１１８および底面１１９と、高さの異なる第１の側面１１７Ａおよび第２の側面１１７Ｂとを有する。また、第１の側面１１７Ａの高さＨ１は、第２の側面１１７Ｂの高さＨ２よりも高く構成される。従って、触媒材料１３０の上面１１８は、第２の側面１１７Ｂの側が下降した傾斜表面を有する。

[0132]　ただし、触媒材料１３０は、高さＨ１＞高さＨ２となっている限り、その形状は、特に限られない。触媒材料１３０は、例えば、断面視、図１２に示したような台形を９０°回転したような形状に加えて、前述の図７に示した三角形など、各種形態を有してもよい。

[0133]　また、断面視、触媒材料１３０の上面１１８は、必ずしも、第１の側面１１７Ａの頂部と第２の側面１１７Ｂの頂部を結んだ直線状である必要はない。例えば、触媒材料１３０の上面１１８は、断面視、下に凸の曲線状、上に凸の曲線状など、非直線状であってもよい。あるいは、上面１１８は、一つまたは複数の段差（ステップ）を有してもよい。

[0134]　ここで、触媒材料１３０は、断面視、第１の側面１１７Ａと第２の側面１１７Ｂを結ぶ直線Ｅ（図１２に示した例では上面１１８と一致する）と、第１の表面１１２とのなす角φ（０°＜φ＜９０°）が1°～８０°の範囲であってもよい。

[0135]　φは、3°～５０°の範囲であることが好ましく、5°～１５°の範囲であることがより好ましい。

[0136]　また、触媒材料１３０の幅Ｗ（図１２参照）は、特に限られないが、例え

ば、０．１μｍ～１００μｍの範囲であり、０．３μｍ～５０μｍの範囲であることが好ましい。

[0137] （ステップＳ１３０）

次に、触媒材料１３０に対して照射光が照射される。照射光は、波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線（ＤＵＶ）を含む。深紫外線の波長は、２００ｎｍ～３６５ｎｍの範囲であってもよい。

[0138] 通常の場合、照射光は、光源から照射される。そのような光源は、単一波長（または単一の波長範囲）の光を放射する光源であっても、複数の波長（または複数の波長範囲）の光を放射する光源であってもよい。

[0139] 照射光の照射強度および照射時間等の照射条件は、以降のステップＳ１４０において採用されるエッチング速度により定められる。すなわち、照射光の照射強度を強くし、照射時間を長くするほど、ステップＳ１４０における被処理体の最大エッチング速度が低下する。

[0140] ただし、ステップＳ１４０の後に形成される凹部構造の偏向の度合いは、触媒材料の両側面（側面１７Ａの側および第２の側面１７Ｂの側）に含まれる極性官能基の量の差に起因するエッチング速度差で決まる。従って、触媒材料全面に照射されるＤＵＶ照射の強度を変えても、凹部構造の偏向の度合い自体は、あまり変化しない。

[0141] 例えば、照射光の照射量Ｐ（ｍＪ／ｃｍ^2）は、２０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上であってもよい。

[0142] ここで、照射光の照射量Ｐは、以下の式（２）で表される：

照射量Ｐ（ｍＪ／ｃｍ^2）＝
ランプＡの照射強度（ｍＷ／ｃｍ^2）×照射時間（ｓｅｃ）
（２）

（ステップＳ１４０）

次に、触媒材料１３０が設置された被処理体１１０が処理チャンバ内に収

容される。その後、被処理体のエッチングプロセスのため、処理チャンバ内が所定の温度まで加熱され、処理ガスが供給される。

[0143] 処理ガスは、フッ化水素ガスまたはフッ素ガスを含む。例えば、処理ガスは、アルゴンガスまたは窒素ガスのようなキャリアガスにより、所定の濃度に調整されてもよい。この場合、フッ化水素ガスまたはフッ素ガスの濃度は、例えば、０．１ｖｏｌ％～１００ｖｏｌ％の範囲であってもよい。

[0144] 前述のように、処理温度は、８０℃以上である。実際の処理温度は、被処理体１１０（特に、第１の表面１１２）に含まれる元素、ならびに凹部構造の種類および深さ等により変化するが、通常の場合、２００℃～４５０℃の範囲であり、２５０℃～４００℃の範囲であることが好ましい。処理温度を４５０℃以下とすることにより、触媒材料１３０に含まれる有機化合物の変質を抑制することができる。

[0145] 前述のように、このような環境下での被処理体１１０のエッチング処理により、被覆領域１４０ａにおいて、前述の反応式（１）が生じる。また、反応により生じたフッ化物および水は、気体となって系外に逸散する。その結果、第１の表面１１２の被覆領域１４０ａに、所定の方向に偏向した凹部構造が形成される。

[0146] 図１３には、エッチング処理後の被処理体１１０の断面の一例を模式的に示す。

[0147] 図１３に示すように、第１の方法では、ステップＳ１４０後に、右側に偏向した曲線状の凹部構造１５０が形成されてもよい。

[0148] その後、凹部構造１５０の底面に残留する触媒材料１３０を除去する工程を実施してもよい。例えば、被処理体１１０を酸溶液、アルカリ溶液、有機溶剤、腐食性ガスまたはプラズマで洗浄することにより、触媒材料１３０を除去してもよい。

[0149] 以上の工程により、第１の表面１１２に、所定の方向に偏向した凹部構造１５０を有する部材１００が製造できる。

[0150] 凹部構造１５０の深さは、例えば、１０μｍ以上であり、１５μｍ以上で

あってもよい。

[0151] （本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材）

次に、図１４～図１６を参照して、本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材について説明する。

[0152] 図１４には、本発明の一実施形態による凹部構造を有する部材（以下、「第１の部材３００」と称する）の斜視図を示す。また、図１５には、図１４に示した第１の部材３００のＩＩ－ＩＩ線に沿った模式的な拡大断面図を示す。

[0153] 図１４に示すように、第１の部材３００は、相互に対向する第１の表面３０２および第２の表面３０４を有する。また、第１の部材３００は、第１の表面３０２の側に、凹部構造３５０を有する。

[0154] なお、図１４に示した例では、第１の部材３００の第１の表面３０２および第２の表面３０４は、略矩形状である。しかしながら、第１の表面３０２および第２の表面３０４の形状は、特に限られない。

[0155] また、図１４に示した例では、第１の表面３０２に２つの凹部構造３５０が形成されており、２つの凹部構造３５０は、相互に平行に配置されている。また各凹部構造３５０は、一方向に延在する直線状の開口を有する。

[0156] しかしながら、これは単なる一例であり、凹部構造３５０の数、形状および配置は、特に限られない。

[0157] 図１５に示すように、凹部構造３５０は、第１の表面３０２に開口３５２を有する。また、凹部構造３５０は、底面３５６および側壁３５７を有する。

[0158] 換言すれば、凹部構造３５０は、開口３５２、底面３５６および側壁３５７により区画される。

[0159] ここで、第１の部材３００において、凹部構造３５０は、所定の方向に偏向した形状を有する。具体的には、凹部構造３５０は、側壁３５７が鉛直方向に沿って平行に延在するのではなく、右方向に偏向しており、凹部構造３５０の側壁３５７は、曲線形状を有する。

[0160] ただし、凹部構造３５０は、第１の表面３０２に対して垂直な断面から見たとき（すなわち断面視）、前記開口３５２の寸法Ｐ１（開口３５２の面積と見なしてもよい）と、底面３５６の寸法Ｐ２（底面３５６の面積とみなしてもよい）は、実質的に等しいという特徴を有する。

[0161] 具体的には、比Ｐ２／Ｐ１は、０．９０以上、１．１未満である。特に、比Ｐ２／Ｐ１は、０．９４～１．０５の範囲であることが好ましい。

[0162] このような第１の部材３００は、例えば、前述の第１の方法により製造することができる。

[0163] 第１の部材３００において、凹部構造３５０は、１０μｍ以上の深さを有してもよい。

[0164] また、図１５に示すように、凹部構造３５０は、開口３５２から底面３５６まで、第１の表面３０２と平行な平面に対する側壁３５７の角度α（０°＜α＜１８０°）が連続的に変化する形態を有してもよい。なお、角度αは、凹部構造３５０の「外側」を通る側壁３５７の接線と、水平面との間の角度を意味する。また、本願では、図１５に示すように、側壁３５７と底面３５６との交点で測定される側壁３５７の角度αを、特に「$α_b$」と称する。

[0165] 角度$α_b$は、いかなる値であってもよいが、例えば、１０°～８０°の範囲であってもよい。

[0166] 特に、凹部構造３５０は、後述の図２１に示すように、断面視、開口３５２の中心と底面３５６の中心を直線で結ぶことができない曲線形状を有してもよい。

[0167] また、第１の部材３００は、凹部構造３５０において側壁３５７を構成する表面が比較的平滑であり、５ｎｍ以下の表面粗さＲａを有するという特徴を有する。特に、側壁３５７の表面粗さＲａは、４．５ｎｍ以下であることが好ましく、４．０ｎｍ以下であることがさらに好ましい。

[0168] 以下、この特徴について説明する。

[0169] 前述の図５および図６を参照して説明したように、基本エッチング技術をベースとする第１の方法では、被覆領域８ａ上に設置された触媒材料３によ

り、被覆領域８ａが選択的にエッチングされる。また、触媒材料３と被覆領域８ａの関係が継続される限り、凹部構造５は、深さ方向に進展し続ける。

[0170] このようなエッチング機構の場合、エッチングにより生じる凹部構造５の側壁７は、該側壁７が接触する触媒材料３の側面の状態の影響を受ける。

[0171] 一般に、触媒材料３の側面は、凹凸が少なく比較的平滑な表面であると考えられる。そのような触媒材料３の側面の凹凸の影響を反映して、凹部構造５の側壁７も、比較的平滑な表面となる。その結果、凹部構造５の側壁７には、表面粗さが有意に抑制された表面が得られると考えられる。

[0172] このような平滑性は、従来のエッチング処理された部材では認められない有意なものである。例えば、一般的なＲＩＥ法では、凹部の側壁は、加工の間、イオンの衝突の影響を受けるため、比較的大きな凹凸を有し得る。

[0173] また、第１の部材３００は、側壁３５７に、凹部構造３５０の延伸方向に沿った筋（ｓｔｒｅａｋ）模様が存在するという特徴を有し得る。

[0174] 以下、図１６を参照して、この特徴について説明する。

[0175] 図１６には、凹部構造３５０の側壁３５７の表面の形態を模式的に示す。図１６には、側壁３５７の表面の一部が模式的に示されている。

[0176] 図１６に示すように、第１の部材３００において、凹部構造３５０の側壁３５７には、開口３５２から底面３５６まで続く、連続的な筋（以下、「連続筋」と称する）３８０が形成されている。

[0177] なお、図１６では、連続筋３８０は、３本示されている。しかしながら、これは単なる一例であって、連続筋３８０の数は、特に限られない。

[0178] このような連続筋３８０の模様も、前述の機構により形成されると考えられる。

[0179] すなわち、図６に示したように、基本エッチング技術におけるエッチングにより生じる凹部構造５の側壁７は、該側壁７が接触する触媒材料３の側面の状態の影響を受ける。

[0180] また、第１の方法では、側面にそのような凹凸を有する触媒材料３が、凹部構造５の深さ方向に沿って、凹部構造５の底面６にまで進行する。従って

、最終的に得られる凹部構造５の側壁７にも、そのような凹凸に対応した連続筋の模様が形成され易くなる。

[0181] その結果、側壁３５７に、深さ方向に沿った連続筋３８０が生じるものと考えられる。

[0182] （第１の部材３００のその他の特徴）

第１の部材３００は、単一の部材であっても、複数の部材で構成されてもよい。

[0183] 第１の部材３００が単一の部材で構成される場合、第１の部材３００は、フッ素（Ｆ）との反応により、沸点が５５０℃以下のフッ化物が形成される元素で構成される。

[0184] 例えば、第１の部材３００は、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、W、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。また、被処理体は、さらに、Ｈ、N、Ｃｌ、Ｂｒ、およびOからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。

[0185] 第１の部材３００が単一の部材で構成される場合、第１の部材３００は、例えば、石英ガラス基板または水晶基板であってもよい。

[0186] 一方、第１の部材３００が複数の部材で構成される場合、第１の部材３００は、第１の表面３０２に、フッ化物の沸点が５５０℃以下となる元素を含む。

[0187] 前述のように、そのような元素は、例えば、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、W、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定されてもよい。また、第１の表面３０２は、さらに、Ｈ、Ｎ、Ｃｌ、Ｂｒ、およびOからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含んでもよい。

[0188] 例えば、第１の部材３００は、基板材料の上に設置された１または２以上

の膜を有し、最表面の膜が、前述の特徴を満たしてもよい。あるいは、複数の膜全体が、前述の特徴を満たしてもよい。

[0189] そのような膜は、例えば、ＳｉO_2、Ｓｉ$_3$Ｎ$_4$、およびＳｉＣの少なくとも１つを有してもよい。あるいは、膜とともに、基板材料も、前述の特徴を有してもよい。

[0190] このような特徴を有する第１の部材３００は、例えば、ＭＥＭＳデバイス、マイクロ流体デバイス、半導体デバイス、光学デバイス、メタサーフェスデバイス、樹脂成型用モールド、窓ガラス、およびカバーガラスなど、各種用途に適用できる。

実施例

[0191] 以下、本発明の実施例について説明する。なお、以下の記載において、例１～例４は実施例である。

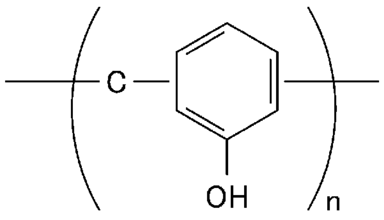
[0192] （例１）

以下の方法で、被処理体の一方の表面（第１の表面）に凹部構造を形成した。

[0193] まず、被処理体として、石英ガラス製の基板を準備した。また、触媒材料を含む塗工液を準備した。触媒材料にはｉ線レジストを使用し、これを溶媒（乳酸エチル、酢酸－ｎ－ブチル）と混合することにより、塗工液を調製した。

[0194] 使用したｉ線レジストは、以下の化学式で表されるノボラック樹脂を含む。

[0195] [化1]



従って、ｉ線レジストは、極性官能基としてヒドロキシ基を有する。

[0196] 次に、スピンコート法により、基板の第１の表面に塗工液を設置した。

[0197] 次に、グレースケール露光、およびその後の現像処理により、基板の第１の表面に、触媒材料のラインパターンを設置した。

[0198] 図１７には、形成された触媒材料の断面を模式的に示す。

[0199] 図１７に示すように、触媒材料４３０は、台形を９０゜回転したような四角形の断面を有する。すなわち、触媒材料４３０は、相互に対向する第１の側面４１７Ａおよび第２の側面４１７Ｂと、上面４１８とを有する。

[0200] 第１の側面４１７Ａと第２の側面４１７Ｂの間の距離、すなわち幅Wは、１０μｍである。また、第１の側面４１７Ａの高さＨ１は、約１．０μｍであり、第２の側面４１７Ｂの高さＨ２は、約０．５μｍである。上面４１８の傾斜角、すなわち角度θｒは、２．９゜である。

[0201] 次に、低圧水銀ランプ（以下、「ランプＡ」と称する）を用いて、触媒材料に照射光を照射した。

[0202] ランプＡは、主波長が２５４ｎｍのＤＵＶランプであり、触媒材料に対する照射量Ｐは、７２０００ｍＪ／ｃｍ^{2}とした。

[0203] 次に、基板を約１０ｍｍ×約１０ｍｍの寸法に切断し、切断した試料を触媒材料の側が上向きとなるようにして、処理チャンバ内に設置した。また、処理チャンバ内で試料のガスエッチング処理を実施した。処理ガスには、窒素ガスとフッ化水素ガスの混合ガス（ＨＦ／Ｎ$_2$＝２０ｖｏｌ％）を使用した。処理温度は２５０℃とし、処理時間は４０分とした。

[0204] エッチング処理後に、表面に凹部構造が形成された。得られた被処理体を、「サンプル１」と称する。

[0205] （例２）

例１と同様の方法により、基板の第１の表面に凹部構造を形成した。ただし、この例２では、例１の場合とは触媒材料の形状を変えて、凹部構造を形成した。具体的には、図１７において、上面４１８の傾斜角θｒを５．７゜

とし、第２の側面４１７Ｂの高さＨ２を０とした。従って、触媒材料の断面は、三角形状である。

[0206] エッチング処理後に、表面に凹部構造が形成された。得られた被処理体を、「サンプル２」と称する。

[0207] （例３）

例２と同様の方法により、基板の第１の表面に凹部構造を形成した。ただし、この例３では、例２の場合とは異なり、照射光の照射量を１４４０００ｍＪ／ｃｍ^{2}とした。

[0208] エッチング処理後に、表面に凹部構造が形成された。得られた被処理体を、「サンプル３」と称する。

[0209] （例４）

例１と同様の方法により、基板の第１の表面に凹部構造を形成した。ただし、この例４では、例１の場合とは触媒材料の形状を変えて、凹部構造を形成した。具体的には、図１７において、、上面４１８の傾斜角θｒを１１．３°とし、第２の側面４１７Ｂの高さＨ２を０とした。従って、触媒材料の断面は、三角形状である。また、触媒材料の幅は、５μｍであった。

[0210] また、この例４では、例１の場合とは照射光の照射量Ｐを変えて、凹部構造を形成した。

[0211] エッチング処理後に、表面に凹部構造が形成された。得られた被処理体を、「サンプル４」と称する。

[0212] （評価）

各サンプルにおいて、凹部構造の断面を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で観察し、凹部構造の各種寸法を測定した。特に、前述のように規定される凹部構造の角度α_bおよび比Ｐ２／Ｐ１を測定した。

[0213] 以下の表１には、各サンプルの作製条件および評価結果をまとめて示した。

[0214]

[表1]

サンプル	触媒材料			照射量 (mJ/cm^2)	凹部構造の底面での角度 α_b (°)	比P2/P1
	断面形状	幅（μm）	角度 θr (°)			
1	四角形	10	2.9	7200	74.5	1.02
2	三角形	10	5.7	7200	66.2	0.97
3	三角形	10	5.7	144000	65.2	0.96
4	三角形	5	11.3	72000	14.0	0.94

図１８～図２１には、それぞれ、サンプル１～サンプル４において得られた凹部構造の断面の一例を示す。

[0215] これらの図に示すように、いずれのサンプルにおいても右方向に偏向した凹部構造が形成されていることがわかる。特に、サンプル１、サンプル３およびサンプル４では、凹部構造の湾曲が顕著となっている。

[0216] また、表１から、各サンプルにおいて、比Ｐ２／Ｐ１は、極めて１に近くなった。このことから、各サンプルにおいて形成された凹部構造は、延伸方向に沿って、ほぼ一定の断面形状を有する形態であることがわかった。

[0217] （本発明の態様）

本発明は、以下の態様を含む。

[0218] （態様１）

凹部構造を有する部材を製造する方法であって、

（１）被処理体の第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、

前記第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素で構成され、

前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、

前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、ただし、Ｈ１＞０μｍ、Ｈ２≧０μｍであり、かつ前記高さＨ１は、前記高さＨ２よりも高い、ステップと、

（２）波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップと、

（３）８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップと、

を有し、

前記（３）のステップの後に、前記第１の領域の下側に凹部構造が形成され、該凹部構造は、前記断面視、前記第１の領域の中心において、前記第１の表面から引いた垂線よりも前記第２の側面の側に偏向した形状を有する、

方法。

[0219] （態様２）

前記（１）のステップにおいて、前記触媒材料は、前記断面視、前記第１の側面の最上部と前記第２の側面の最上部を結ぶ直線が前記第１の表面となす角φ（０°＜φ＜９０°）φが１°～８０°の範囲である、態様１に記載の方法。

[0220] （態様３）

前記触媒材料は、前記断面視、０．１μｍ～１００μｍの幅を有する、態様１または２に記載の方法。

[0221] （態様４）

前記触媒材料は、前記断面視、前記第１の側面から前記第２の側面まで、高さが単調に減少する上面を有する、態様１乃至３のいずれかに記載の方法。

[0222] （態様５）

前記触媒材料は、前記断面視、四角形または三角形の形状を有する、態様１乃至４のいずれかに記載の方法。

[0223] （態様６）

前記極性官能基は、ヒドロキシ基、アルデヒド基、カルボキシ基、アミノ基、スルホ基、チオール基、アミド結合、カルボニル基、ニトロ基、シアノ基、エーテル結合、およびエステル結合からなる群から選定された、少なくとも１つを含む、態様１乃至５のいずれかに記載の方法。

[0224] （態様７）

前記フッ素含有ガスは、フッ化水素ガスまたはフッ素ガスである、態様１乃至６のいずれかに記載の方法。

[0225] （態様８）

前記（３）のステップは、２００℃から４５０℃の範囲で実施される、態様１乃至７のいずれかに記載の方法。

[0226] （態様９）

前記第１の表面は、Ｈ、Ｂ、Ｃ、Ｎ、Ｏ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｃｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｂｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含む、態様１乃至８のいずれかに記載の方法。

[0227] （態様１０）

前記被処理体は、単一の部材で構成される、態様１乃至９のいずれかに記載の方法。

[0228] （態様１１）

前記被処理体は、SiO_2を有する、態様１０に記載の方法。

[0229] （態様１２）

前記被処理体は、１または２以上の層を有する、態様１乃至９のいずれかに記載の方法。

[0230] （態様１３）

第１の表面に凹部構造を有する部材であって、

前記第１の表面は、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含み、

前記凹部構造は、前記第１の表面に形成された開口、底面、および前記開口と前記底面をつなぐ側壁を有し、

前記凹部構造は、該凹部構造の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、

曲線形状を有し、

前記開口の寸法Ｐ１に対する前記底面の寸法Ｐ２の比Ｐ２／Ｐ１は、０．９９以上、１．１未満の範囲であり、

前記底面の中心は、前記開口の中心から前記第１の表面に対して垂直な方向に延伸した延伸軸に対してずれている、部材。

[0231]　（態様１４）

前記側壁の表面は、前記開口から、前記底面まで延在する少なくとも１本の筋（streak）を有する、態様１３に記載の部材。

[0232]　（態様１５）

前記凹部構造は、１０μｍ以上の深さを有する、態様１３または１４に記載の部材。

[0233]　（態様１６）

前記凹部構造は、前記開口から前記底面まで、前記第１の表面と平行な平面に対する前記側壁の角度α（０°＜α＜１８０°）が連続的に変化する、態様１３乃至１５のいずれかに記載の部材。

[0234]　（態様１７）

前記凹部構造は、前記断面視、前記開口の中心と前記底面の中心を直線で結ぶことができない曲線形状を有する、態様１３乃至１６のいずれかに記載の部材。

[0235]　（態様１８）

前記第１の表面は、さらに、Ｈ、Ｎ、Ｃｌ、Ｂｒ、およびＯからなる群から選定された、少なくとも１つを有する、態様１３乃至１７のいずれかに記載の部材。

[0236]　（態様１９）

当該部材は、単一の部材で構成される、態様１３乃至１８のいずれかに記載の部材。

[0237]　（態様２０）

当該部材は、石英ガラス基板または水晶基板である、態様１９に記載の部材。

[0238]　（態様２１）

当該部材は、１または２以上の層を有する、態様１３乃至１８のいずれかに記載の部材。

[0239]　（態様２２）

当該部材は、基板と、該基板の上に設置された膜とを有し、前記膜は、SiO_2、ＳｉＮ、およびＳｉＣの少なくとも１つを含み、前記第１の表面を形成する、態様１３乃至１８のいずれかに記載の部材。

[0240] 本願は、２０２３年５月３１日に出願した日本国特許出願第２０２３－０８９３１９号に基づく優先権を主張するものであり、同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0241]
１ 被処理体
３ 触媒材料
５ 凹部構造
６ 底面
７ 側壁
７ａ 第１の側壁部分
８ａ 被覆領域
８ｂ 非被覆領域
１２ 第１の表面
１７Ａ 触媒材料の第１の側面
１７Ｂ 触媒材料の第２の側面
１８ 触媒材料の上面
１９ 触媒材料の底面
５０ 凹部構造
５２ 開口
５６ 底面
５７Ａ、５７Ｂ 側壁
１００ 部材
１１０ 被処理体
１１２ 第１の表面
１１４ 第２の表面

１１７Ａ　第１の側面
１１７Ｂ　第２の側面
１１８　上面
１１９　底面
１３０　触媒材料
１３１　パターン
１４０ａ　被覆領域
１４０ｂ　非被覆領域
１５０　凹部構造
３００　第１の部材
３０２　第１の表面
３０４　第２の表面
３５０　凹部構造
３５２　開口
３５６　底面
３５７　側壁
３８０　連続筋
４３０　触媒材料
４１７Ａ　第１の側面
４１７Ｂ　第２の側面
４１８　上面
（ａ）　ＨＦ分子
（ｂ）　Ｓｉ原子
（ｃ）　ＯＨ基
（ｄ）　Ｓｉ－Ｆ結合
（ｅ）　－δ部
（ｆ）　＋δ部
（ｇ）　H_2O分子

Ｆ１　　エッチング方向

請求の範囲

[請求項1] 凹部構造を有する部材を製造する方法であって、

（１）被処理体の第１の表面の第１の領域に触媒材料を設置するステップであって、

前記第１の表面は、フッ化物の沸点が５５０℃以下である元素で構成され、

前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、

前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、相互に対向する第１の高さＨ１を有する第１の側面および第２の高さＨ２を有する第２の側面を有し、ただし、Ｈ１＞０μｍ、Ｈ２≧０μｍであり、かつ前記高さＨ１は、前記高さＨ２よりも高い、ステップと、

（２）波長が３８０ｎｍ以下の深紫外線を含む照射光を前記触媒材料に照射するステップと、

（３）８０℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露するステップと、

を有し、

前記（３）のステップの後に、前記第１の領域の下側に凹部構造が形成され、該凹部構造は、前記断面視、前記第１の領域の中心において、前記第１の表面から引いた垂線よりも前記第２の側面の側に偏向した形状を有する、方法。

[請求項2] 前記（１）のステップにおいて、前記触媒材料は、前記断面視、前記第１の側面の最上部と前記第２の側面の最上部を結ぶ直線が前記第１の表面となす角φ（０°＜φ＜９０°）φが1°～８０°の範囲である、請求項１に記載の方法。

[請求項3] 前記触媒材料は、前記断面視、０．１μｍ～１００μｍの幅を有する、請求項１または２に記載の方法。

[請求項4] 前記触媒材料は、前記断面視、前記第１の側面から前記第２の側面

まで、高さが単調に減少する上面を有する、請求項１または２に記載の方法。

[請求項5] 前記触媒材料は、前記断面視、四角形または三角形の形状を有する、請求項１または２に記載の方法。

[請求項6] 前記極性官能基は、ヒドロキシ基、アルデヒド基、カルボキシ基、アミノ基、スルホ基、チオール基、アミド結合、カルボニル基、ニトロ基、シアノ基、エーテル結合、およびエステル結合からなる群から選定された、少なくとも１つを含む、請求項１または２に記載の方法。

[請求項7] 前記フッ素含有ガスは、フッ化水素ガスまたはフッ素ガスである、請求項１または２に記載の方法。

[請求項8] 前記（３）のステップは、２００℃から４５０℃の範囲で実施される、請求項１または２に記載の方法。

[請求項9] 前記第１の表面は、Ｈ、Ｂ、Ｃ、Ｎ、Ｏ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｃｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｂｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含む、請求項１または２に記載の方法。

[請求項10] 前記被処理体は、単一の部材で構成される、請求項１または２に記載の方法。

[請求項11] 前記被処理体は、SiO_2を有する、請求項１０に記載の方法。

[請求項12] 前記被処理体は、１または２以上の層を有する、請求項１または２に記載の方法。

[請求項13] 第１の表面に凹部構造を有する部材であって、

前記第１の表面は、Ｂ、Ｃ、Ｓｉ、Ｐ、Ｓ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｔｃ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｔｅ、Ｉ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、およびＡｕからなる群から選定された、少なくとも１つの元素を含み、

前記凹部構造は、前記第１の表面に形成された開口、底面、および前記開口と前記底面をつなぐ側壁を有し、

前記凹部構造は、該凹部構造の断面視、すなわち前記第１の表面に対して垂直な断面で見たとき、

曲線形状を有し、

前記開口の寸法Ｐ１に対する前記底面の寸法Ｐ２の比Ｐ２／Ｐ１は、０．９９以上、１．１未満の範囲であり、

前記底面の中心は、前記開口の中心から前記第１の表面に対して垂直な方向に延伸した延伸軸に対してずれている、部材。

[請求項14] 前記側壁の表面は、前記開口から、前記底面まで延在する少なくとも１本の筋（streak）を有する、請求項１３に記載の部材。

[請求項15] 前記凹部構造は、１０μｍ以上の深さを有する、請求項１３または１４に記載の部材。

[請求項16] 前記凹部構造は、前記開口から前記底面まで、前記第１の表面と平行な平面に対する前記側壁の角度α（０°＜α＜１８０°）が連続的に変化する、請求項１３または１４に記載の部材。

[請求項17] 前記凹部構造は、前記断面視、前記開口の中心と前記底面の中心を直線で結ぶことができない曲線形状を有する、請求項１３または１４に記載の部材。

[請求項18] 前記第１の表面は、さらに、Ｈ、Ｎ、Ｃｌ、Ｂｒ、およびOからなる群から選定された、少なくとも１つを有する、請求項１３または１４に記載の部材。

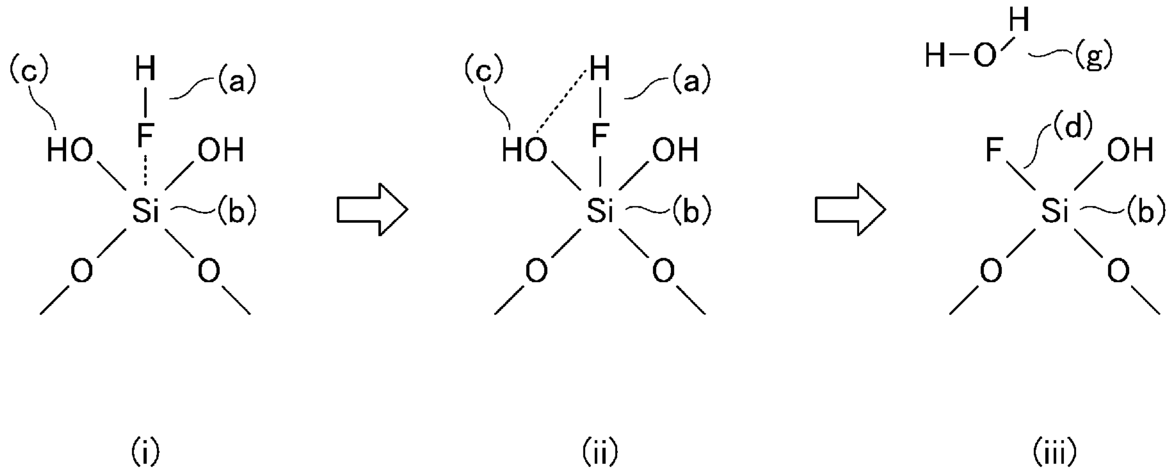
[請求項19] 当該部材は、単一の部材で構成される、請求項１３または１４に記載の部材。

[請求項20] 当該部材は、石英ガラス基板または水晶基板である、請求項１９に記載の部材。

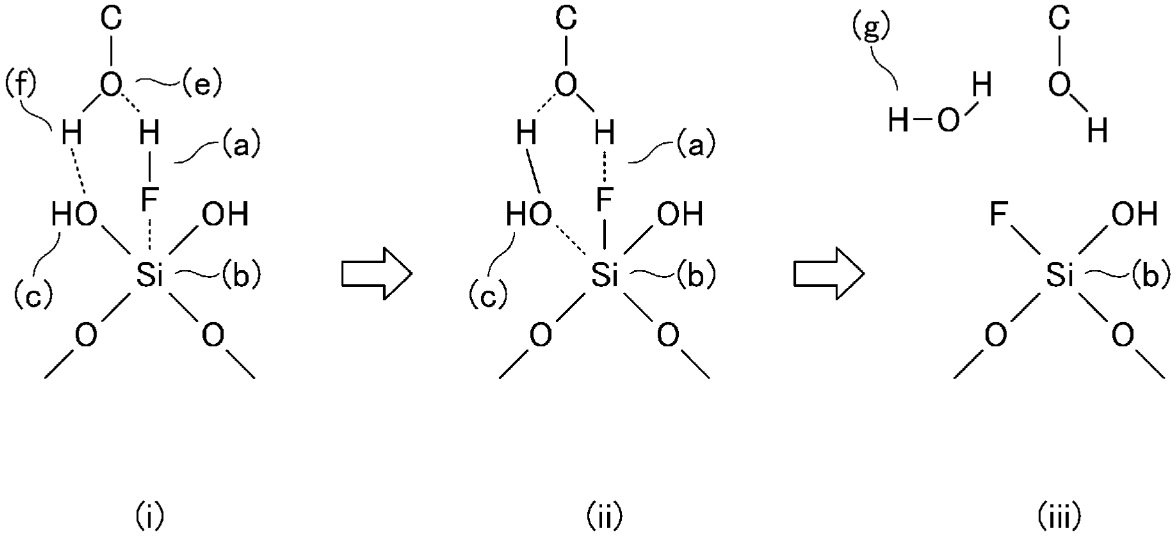
[請求項21] 当該部材は、１または２以上の層を有する、請求項１３または１４に記載の部材。

[請求項22] 当該部材は、基板と、該基板の上に設置された膜とを有し、前記膜は、ＳｉＯ$_2$、ＳｉＮ、およびＳｉＣの少なくとも１つを含み、前記第１の表面を形成する、請求項１３または１４に記載の部材。

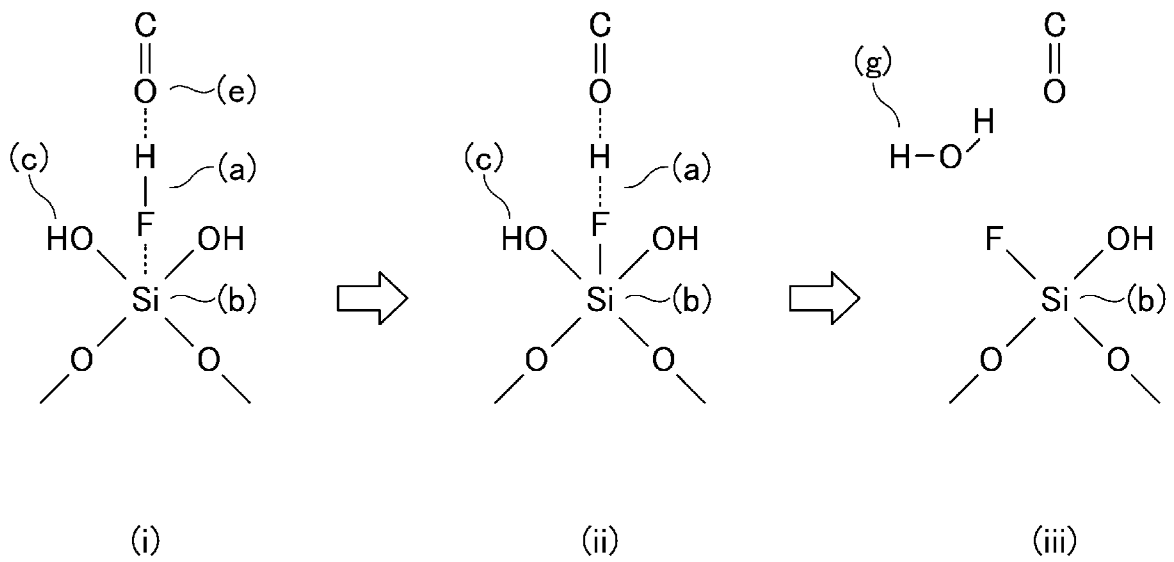
[図1]


(c)
H
(a)
HO
F
OH
Si
(b)
O
O
(i)
(c)
H
(a)
HO
F
OH
Si
(b)
O
O
(ii)
H
H−O
(g)
F
(d)
OH
Si
(b)
O
O
(iii)

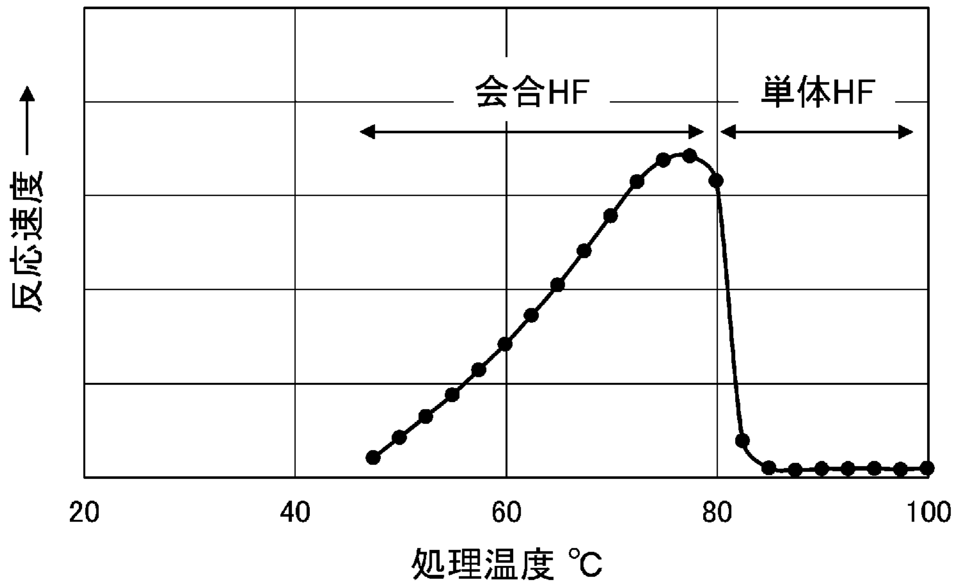
[図2]


C
(f)
O
(e)
H
H
(a)
F
HO
OH
Si
(b)
(c)
O
O
(i)
C
O
H
H
(a)
F
HO
OH
Si
(b)
(c)
O
O
(ii)
(g)
C
H
O
H−O
H
F
OH
Si
(b)
O
O
(iii)

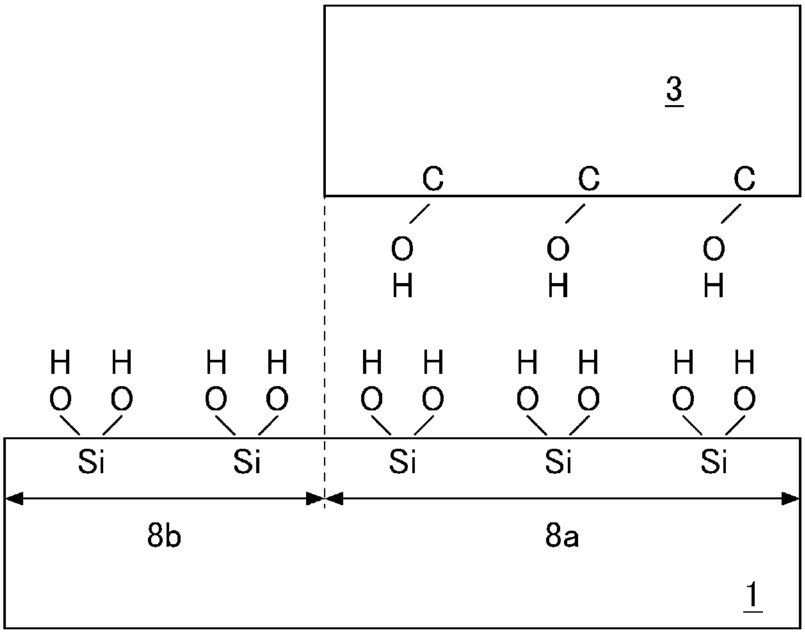
[図3]



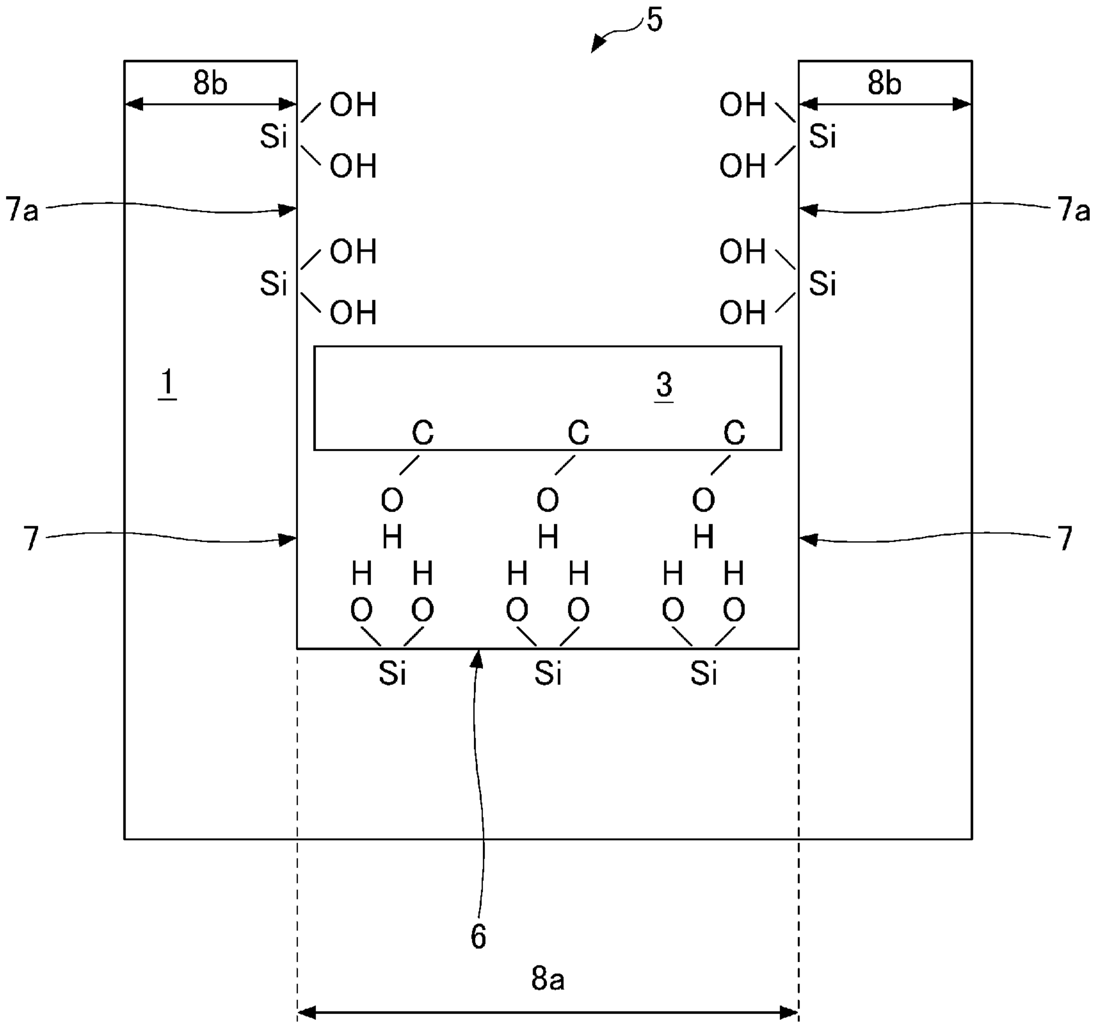
[図4]



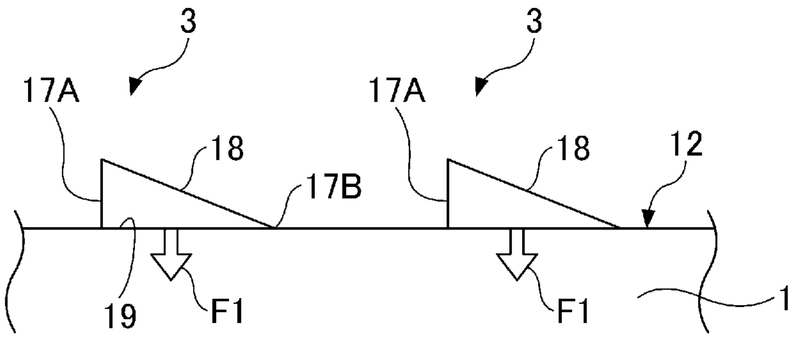
［図5］



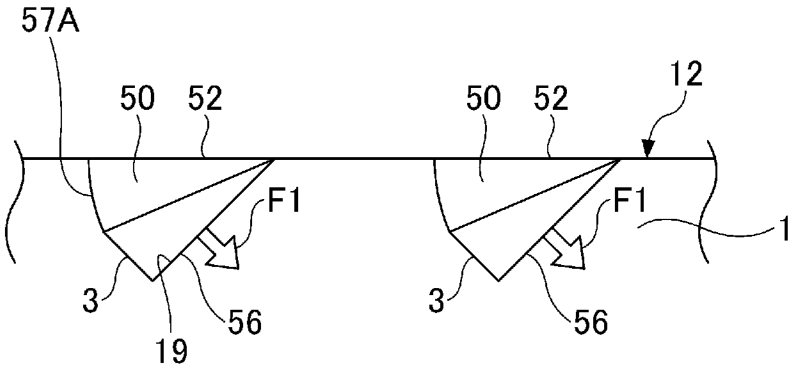
[図6]


5
8b
8b
Si
OH
OH
7a
7a
1
3
C
C
C
O
H
7
7
Si
Si
Si
6
8a

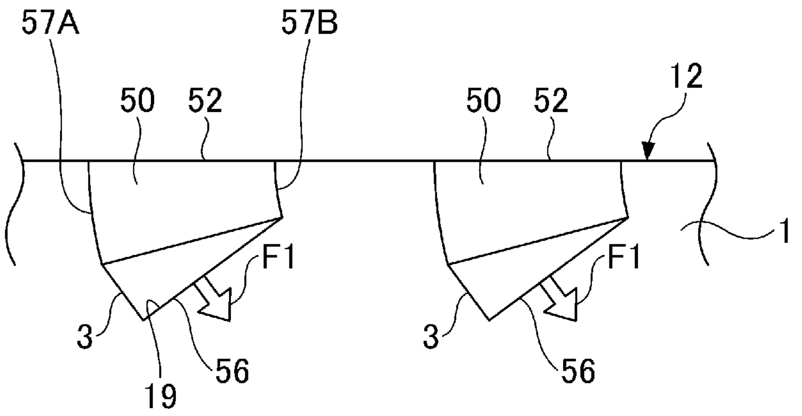
[図7]


3
3
17A
17A
18
18
17B
12
19
F1
F1
1

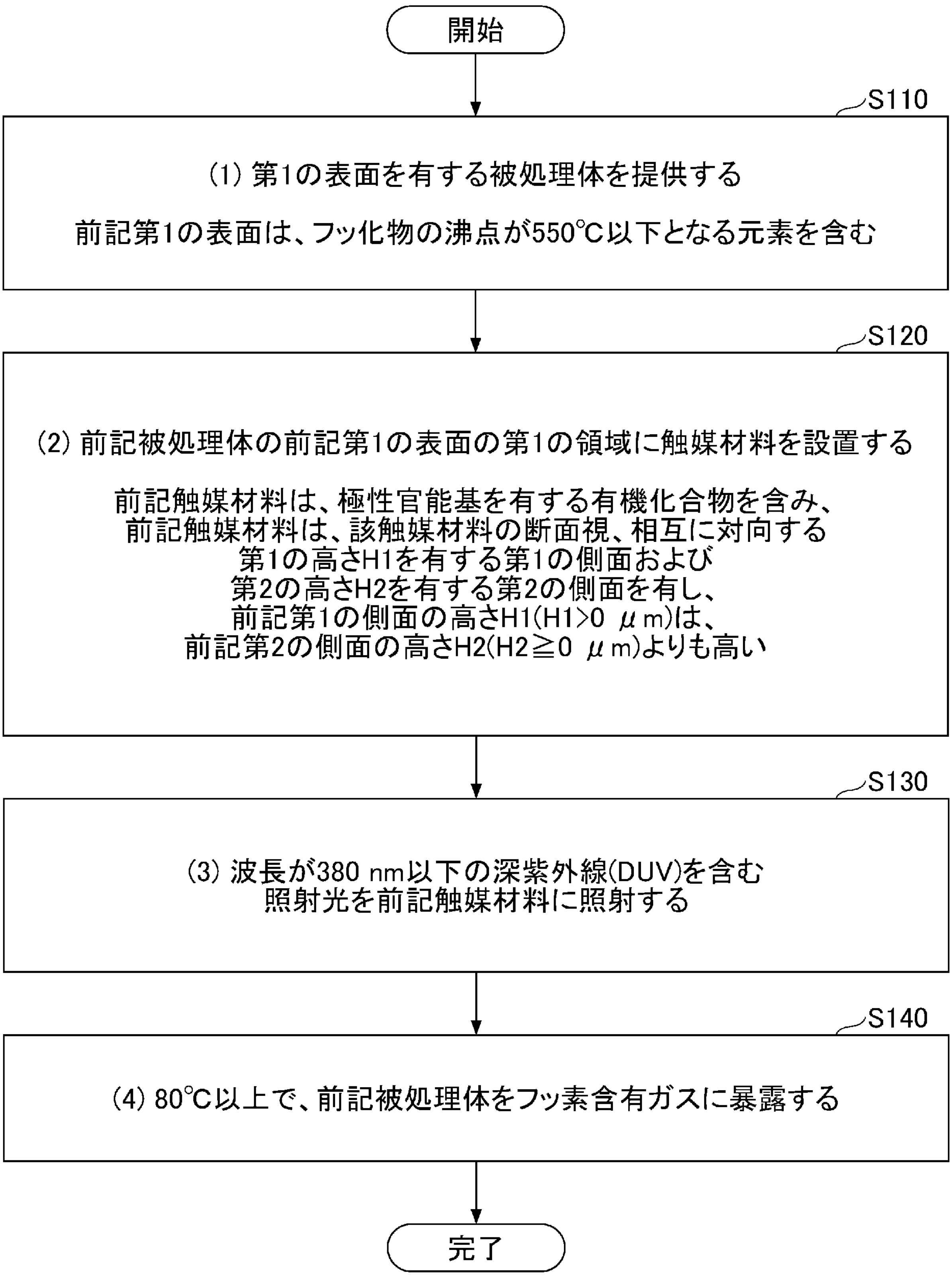
[図8]


57A
50
52
50
52
12
F1
F1
1
3
3
19
56
56

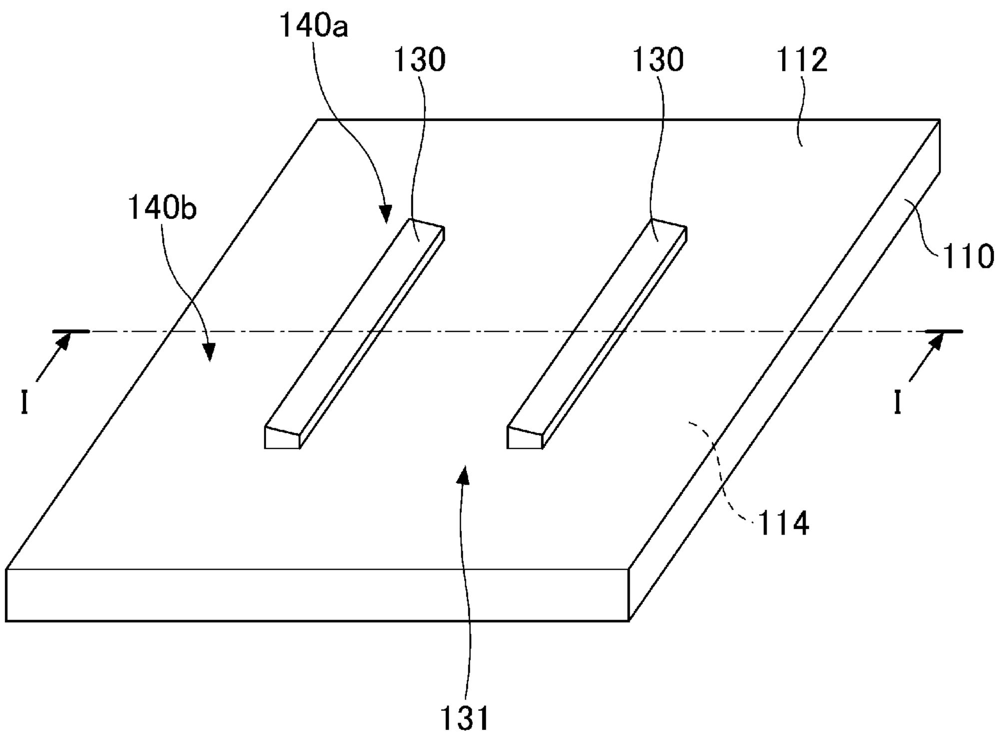
[図9]


57A
57B
50
52
50
52
12
F1
F1
1
3
3
19
56
56

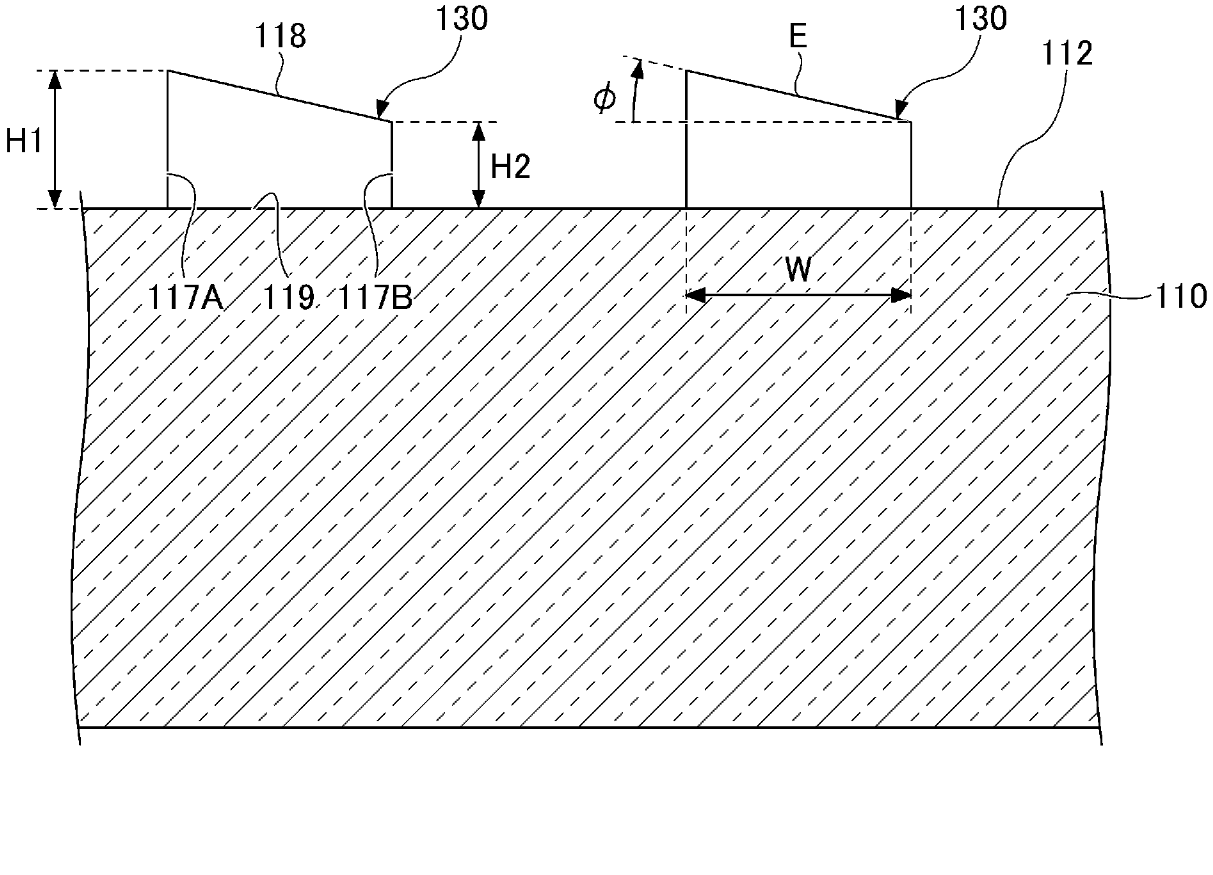
[図10]


開始
S110
(1) 第1の表面を有する被処理体を提供する
前記第1の表面は、フッ化物の沸点が550℃以下となる元素を含む
S120
(2) 前記被処理体の前記第1の表面の第1の領域に触媒材料を設置する
前記触媒材料は、極性官能基を有する有機化合物を含み、
前記触媒材料は、該触媒材料の断面視、相互に対向する
第1の高さH1を有する第1の側面および
第2の高さH2を有する第2の側面を有し、
前記第1の側面の高さH1(H1>0 μm)は、
前記第2の側面の高さH2(H2≧0 μm)よりも高い
S130
(3) 波長が380 nm以下の深紫外線(DUV)を含む
照射光を前記触媒材料に照射する
S140
(4) 80℃以上で、前記被処理体をフッ素含有ガスに暴露する
完了

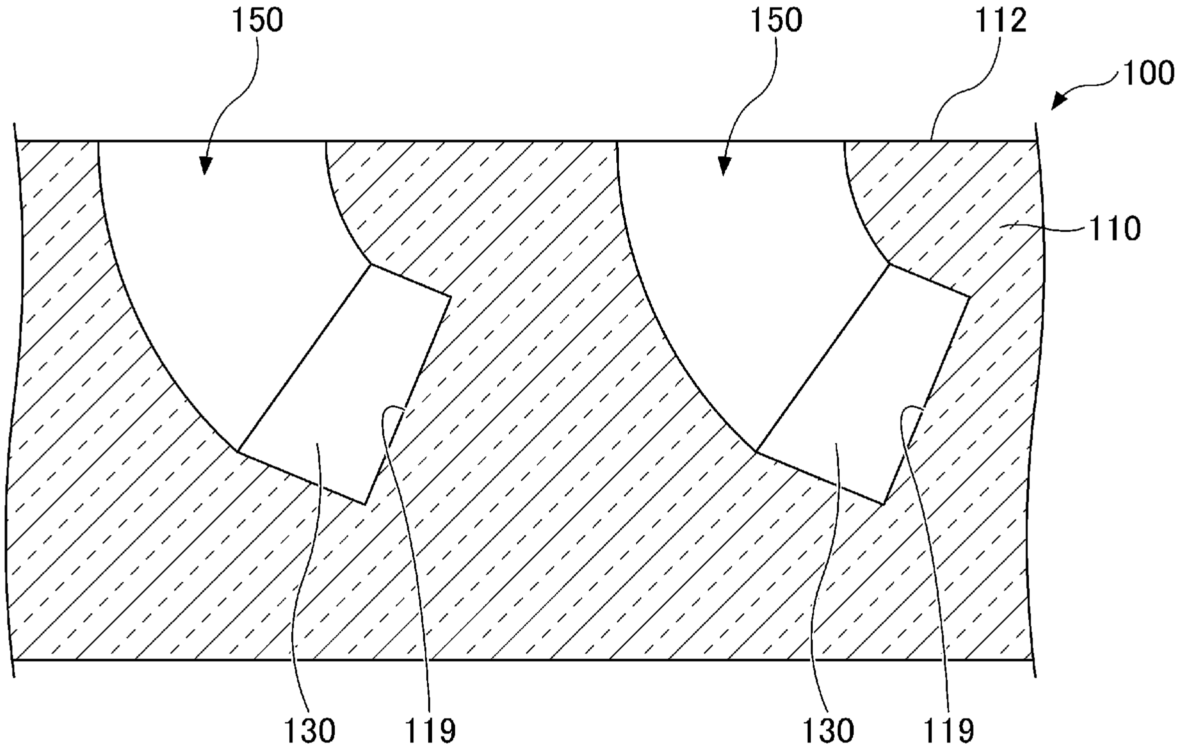
[図11]


140a
130
130
112
140b
110
I
I
114
131

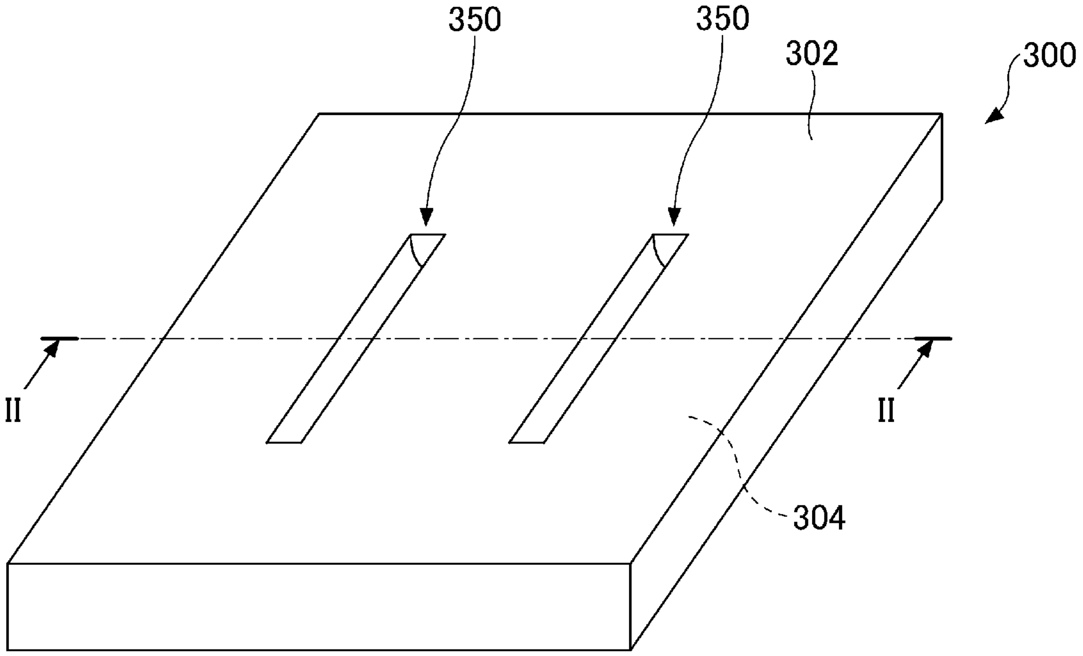
[図12]


118
130
E
130
112
H1
φ
H2
117A
119
117B
W
110

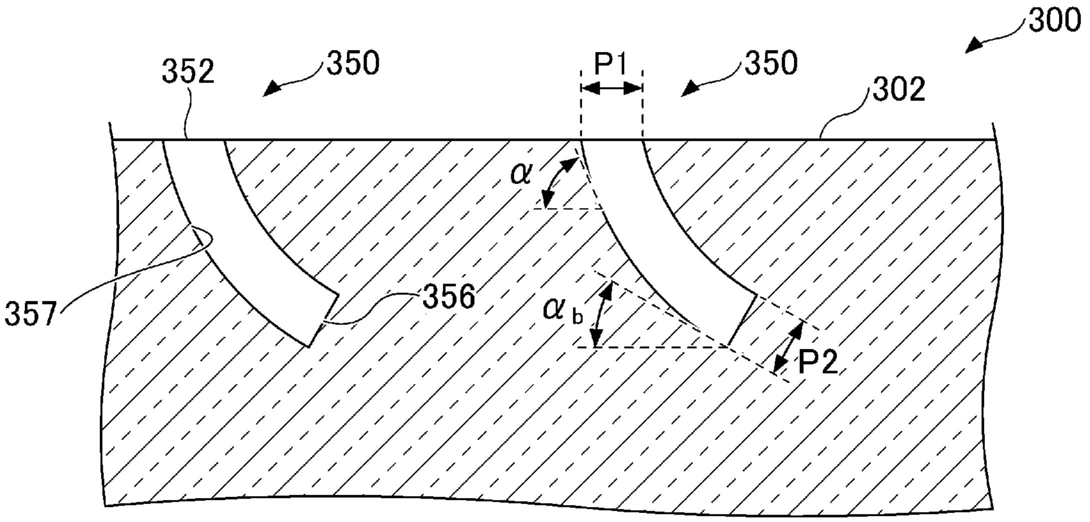
［図13］



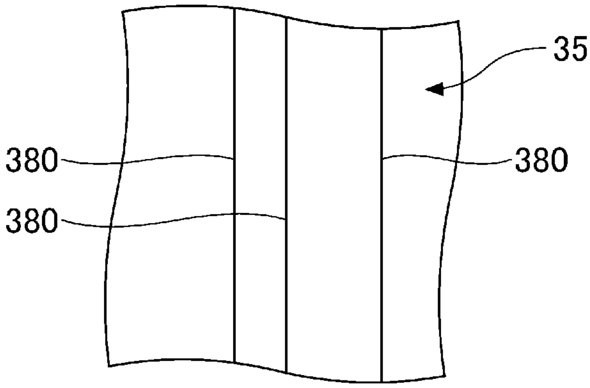
［図14］



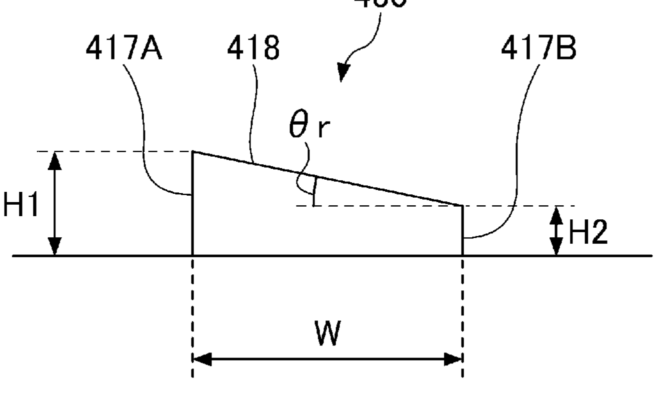
[図15]


300
350
352
350
P1
302
α
357
356
α b
P2

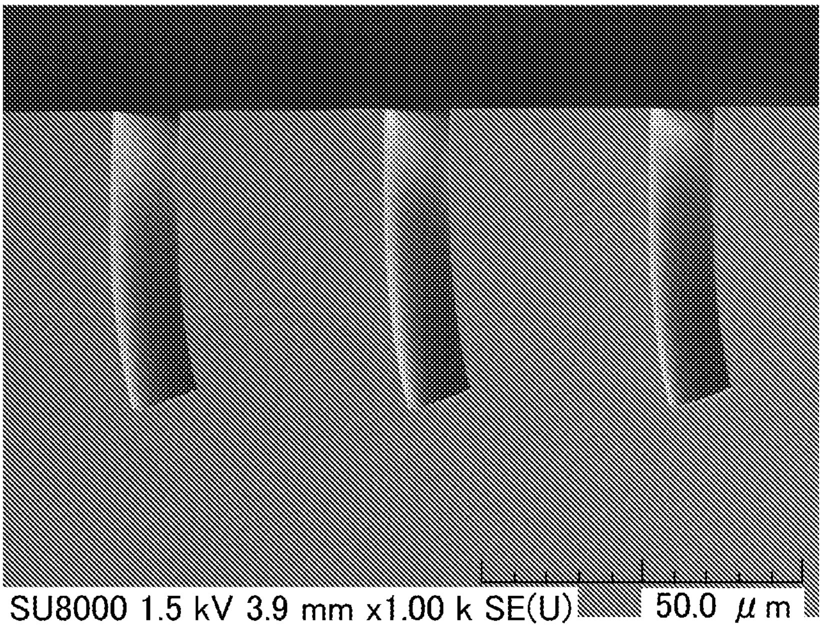
[図16]


357
380
380
380

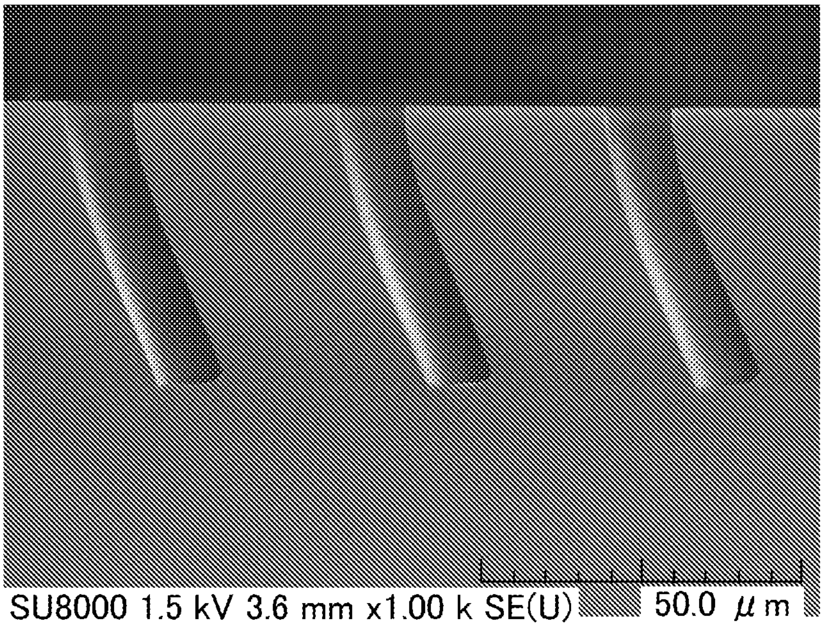
[図17]


430
417A
418
417B
θ r
H1
H2
W

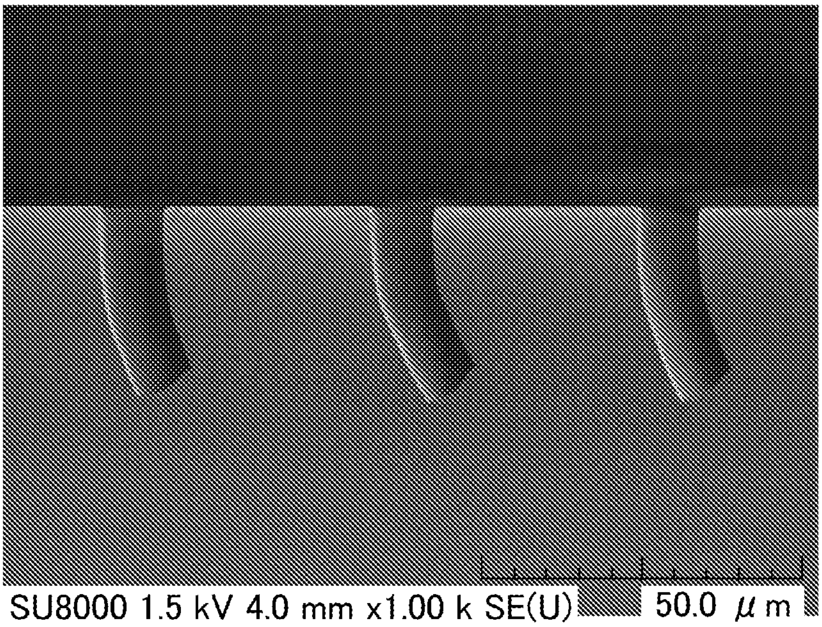
[図18]


SU8000 1.5 kV 3.9 mm x1.00 k SE(U) 50.0 μm

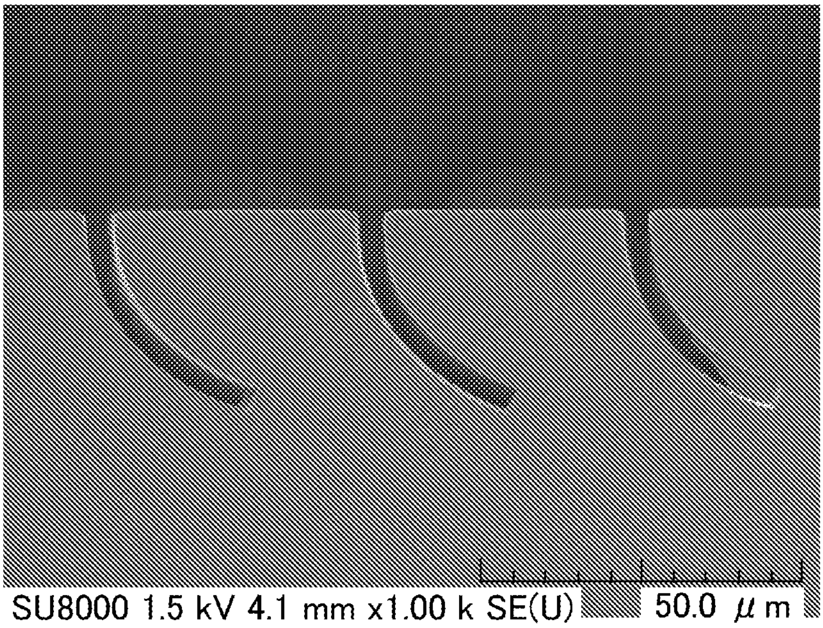
[図19]


SU8000 1.5 kV 3.6 mm x1.00 k SE(U) 50.0 μm

[図20]


SU8000 1.5 kV 4.0 mm x1.00 k SE(U)
50.0 μm

[図21]


SU8000 1.5 kV 4.1 mm x1.00 k SE(U)
50.0 μm

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/012084

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/302(2006.01)i
FI: H01L21/302 201A

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)

H01L21/302

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 A	JP 2014-45030 A (OSAKA UNIVERSITY) 13 March 2014 (2014-03-13) paragraphs [0019]-[0072], fig. 1-9	13-17, 19, 21-22 18, 20 1-12
Y	JP 2022-127461 A (AGC INC.) 31 August 2022 (2022-08-31) paragraph [0033]	18, 20
A	JP 53-1198 A (INTERNATIONAL PLASMA CORP.) 07 January 1978 (1978-01-07) entire text	1-22
A	JP 55-87436 A (FUJITSU LIMITED) 02 July 1980 (1980-07-02) entire text	1-22
A	JP 2000-58508 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 25 February 2000 (2000-02-25) entire text	1-22

☑ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
22 May 2024	**18 June 2024**

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/012084

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/051727 A1 (OSAKA UNIVERSITY) 18 May 2006 (2006-05-18) entire text	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/012084

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2014-45030 A	13 March 2014	(Family: none)	
JP 2022-127461 A	31 August 2022	(Family: none)	
JP 53-1198 A	07 January 1978	US 4127437 A	
		FR 2350937 A	
		CH 614808 A	
		NL 7705320 A	
		IT 1083827 B	
JP 55-87436 A	02 July 1980	(Family: none)	
JP 2000-58508 A	25 February 2000	(Family: none)	
WO 2006/051727 A1	18 May 2006	US 2008/0090074 A1	
		TW 200620451 A	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2024/012084

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/302(2006.01)i
FI: H01L21/302 201A

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））

H01L21/302

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	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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	JP 2014-45030 A (国立大学法人大阪大学) 13.03.2014 (2014-03-13) [0019]-[0072],[図1]-[図9]	13-17,19,21-22
Y		18,20
A		1-12
Y	JP 2022-127461 A (ＡＧＣ株式会社) 31.08.2022 (2022-08-31) [0033]	18,20
A	JP 53-1198 A (インターナシヨナル・プラズマ・コーポレーシヨン) 07.01.1978 (1978-01-07) 全文	1-22
A	JP 55-87436 A (富士通株式会社) 02.07.1980 (1980-07-02) 全文	1-22
A	JP 2000-58508 A (セイコーエプソン株式会社) 25.02.2000 (2000-02-25) 全文	1-22

☑ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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
22.05.2024	18.06.2024

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）

河合　俊英 50 3238

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/012084

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
A	WO 2006/051727 A1 (国立大学法人大阪大学) 18.05.2006 (2006－05－18) 全文	1-22

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/JP2024/012084

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-45030 A	13.03.2014	(ファミリーなし)	
JP 2022-127461 A	31.08.2022	(ファミリーなし)	
JP 53-1198 A	07.01.1978	US 4127437 A FR 2350937 A CH 614808 A NL 7705320 A IT 1083827 B	
JP 55-87436 A	02.07.1980	(ファミリーなし)	
JP 2000-58508 A	25.02.2000	(ファミリーなし)	
WO 2006/051727 A1	18.05.2006	US 2008/0090074 A1 TW 200620451 A	