

(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
2016 年 10 月 27 日(27.10.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/170988 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/314 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/061322
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 6 日(06.04.2016)
- (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 2015-086251 2015 年 4 月 20 日(20.04.2015) 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: 林 軍(LIN, Jun); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 河口 慎一(KAWAGUCHI, Shinichi); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 守谷 修司(MORIYA, Shuji); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5

0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 村木 雄介(MURAKI, Yusuke); 97006 オレゴン州ビーバートン エヌダブリュ アンバークレンコート 20175 スイート 140 東京エレクトロン アメリカ インコーポレイテッド内 Oregon (US).

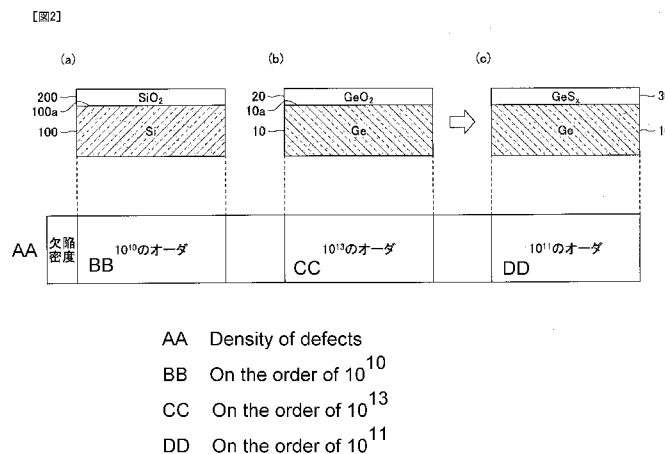
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16 階 Tokyo (JP).

(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, 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, 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.

[続葉有]

(54) Title: PASSIVATION TREATMENT METHOD, METHOD FOR FORMING SEMICONDUCTOR STRUCTURE, AND SEMICONDUCTOR STRUCTURE

(54) 発明の名称: パッシベーション処理方法、半導体構造の形成方法及び半導体構造



(57) Abstract: [Problem] The purpose is to reduce the density of defects on the surface of a germanium or Group III-V element material. [Solution] Provided is a passivation treatment method comprising the steps of: placing a substrate made from germanium (Ge) or a Group III-V element on a mounting table in a treatment chamber; and supplying both a hydrogen sulfide (H₂S) gas or a hydrogen selenide (H₂Se) gas and an ammonia (NH₃) gas into the treatment chamber to form a passivation film containing sulfur (S) or selenium (Se) on the substrate.

(57) 要約: 【課題】ゲルマニウム又はⅢ-Ⅴ族の材料の表面の欠陥密度を低くすることを目的とする。【解決手段】ゲルマニウム(Ge)又はⅢ-Ⅴ族の基板を処理室内の載置台に載置する工程と、硫化水素(H₂S)ガス又はセレン化水素(H₂Se)ガスと、アンモニア(NH₃)ガスを前記処理室内に供給し、前記基板の上に硫黄(S)又はセレン(Se)を含有するパッシベーション膜を成膜する工程と、を有するパッシベーション処理方法が提供される。



WO 2016/170988 A1



(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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

パッシベーション処理方法、半導体構造の形成方法及び半導体構造

技術分野

[0001] 本発明は、パッシベーション処理方法、半導体構造の形成方法及び半導体構造に関する。

背景技術

[0002] ゲルマニウム（Ge）やインジウムガリウム砒素（InGaAs）等のIII－V族の材料は、シリコン（Si）材料と比較してモビリティ（移動度）が高い。そのため、次世代の集積回路の基板としてシリコンの代わりにゲルマニウム等を使用することが期待されている。しかしながら、ゲルマニウム等の基板と基板上に成膜する誘電体膜との界面の欠陥密度が高いことが、製造された半導体構造のモビリティを低下させる要因の一つとなっている。

[0003] そこで、欠陥密度を低くするために、ゲルマニウム等の基板の上に誘電体膜を成膜する前に、硫化水素（H₂S）ガスで基板の上にパッシベーション膜を形成する方法が提案されている（例えば、特許文献1、2を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5224678号公報

特許文献2：特開2011－91394号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記パッシベーション膜を形成する方法では、基板の温度を300℃～400℃の高温にする必要があり、かつ、パッシベーション膜の成膜時間が長いため、生産効率が悪くなるという課題がある。

[0006] これに対して、硫化アンモニウム（NH₄）₂Sを用いたウェットエッチングによりゲルマニウム基板の表面の欠陥密度を低くする方法が考えられる。

しかし、この方法ではウェットエッチング後、ゲルマニウム基板が空気に暴露される。このため、ゲルマニウム基板の表面が再酸化され、ゲルマニウム基板の表面に欠陥密度の高い自然酸化膜が形成されてしまう。

[0007] 上記課題に対して、一側面では、本発明は、ゲルマニウム又はIII－V族の材料の表面の欠陥密度を低くすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、一の態様によれば、ゲルマニウム（Ge）又はIII－V族の基板を処理室内の載置台に載置する工程と、硫化水素（ H_2S ）ガス又はセレン化水素（ H_2Se ）ガスと、アンモニア（ NH_3 ）ガスとを前記処理室内に供給し、前記基板の上に硫黄（S）又はセレン（Se）を含有するパッシベーション膜を成膜する工程と、を有するパッシベーション処理方法が提供される。

発明の効果

[0009] 一の側面によれば、ゲルマニウム又はIII－V族の材料の表面の欠陥密度を低くすることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態にかかる半導体構造の一例を示す図。

[図2]基板と酸化物等との界面の欠陥密度の一例を示す図。

[図3]一実施形態にかかる半導体構造の製造工程の一例を示すフローチャート。

[図4]空気に暴露する時間と基板の上の酸化物の厚さとの関係の一例を示す図。

[図5A]一実施形態にかかるトリートメント（パッシベーション膜形成）結果を示す図。

[図5B]一実施形態にかかるトリートメント（パッシベーション膜形成）結果を示す図。

[図6A]一実施形態にかかるトリートメントの有無と基板表面の組成を示す図。

[図6B]一実施形態にかかるトリートメントの有無と基板表面の組成を示す図。
。

[図6C]一実施形態にかかるトリートメントの有無と基板表面の組成を示す図。
。

[図7A]一実施形態にかかるトリートメントの有無と基板表面及び断面の状態を示す図。

[図7B]一実施形態にかかるトリートメントの有無と基板表面及び断面の状態を示す図。

[図8A]一実施形態にかかるトリートメントの温度及び圧力依存性を示す図。

[図8B]一実施形態にかかるトリートメントの温度及び圧力依存性を示す図。

[図8C]一実施形態にかかるトリートメントの温度及び圧力依存性を示す図。

[図9]一実施形態にかかるトリートメントの温度依存性を示す図。

[図10]一実施形態にかかるパッシベーション膜の温度依存性を示す図。

[図11]一実施形態にかかるパッシベーション膜の温度及び圧力依存性を示す図。

[図12]一実施形態にかかるパッシベーション膜の流量依存性を示す図。

[図13A]一実施形態にかかるパッシベーション膜の有無とキャパシタのC-V特性を示す図。

[図13B]一実施形態にかかるパッシベーション膜の有無とキャパシタのC-V特性を示す図。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

[0012] [半導体構造例]

まず、本発明の一実施形態にかかる半導体構造の一例について、図1を参照しながら説明する。図1は、MOSトランジスタの半導体構造の一例を示す。本実施形態では、基板にゲルマニウム(Ge)を使用する。ゲルマニウ

ム基板がP形の場合、n形のソース及びドレイン層が形成される。なお、ゲルマニウム基板がn形の場合、p形のソース及びドレイン層が形成される。ソース及びドレイン層間には、ゲート層が形成される。ゲート層及びゲルマニウム基板間には、High-k膜（高誘電率ゲート絶縁膜）が形成される。本実施形態では、ゲルマニウム基板とHigh-k膜との界面にパッシベーション膜が形成される。

[0013] ゲルマニウム（Ge）材料は、シリコン（Si）材料と比較してモビリティ（移動度）が高い。例えば、電子のモビリティ（単位： $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ）は、シリコンが1400であるのに対して、ゲルマニウムは3900である。ガリウム砒素（GaAs）、インジウムガリウム砒素（InGaAs）、インジウム砒素（InAs）、アンチモン化ガリウム（GaSb）、アンチモン化インジウム（InSb）等のIII-V族の材料もまた、シリコン材料と比較してモビリティが高い。例えば、電子のモビリティは、ガリウム砒素が8500、インジウムガリウム砒素が12000、インジウム砒素が40000、アンチモン化ガリウムが3000、アンチモン化インジウムが77000である。なお、III-V族の材料は、周期表III族（13族）元素とV族（15族）元素との化合物であり、上記に示したガリウム砒素等の材料に限らない。

[0014] 次世代の集積回路の基板としてシリコンの替わりにゲルマニウムやIII-V族の材料を使用し、高性能な半導体構造を製造することが期待される。しかしながら、ゲルマニウム基板とHigh-k膜等の誘電体膜（ゲート絶縁膜）との界面の欠陥密度が高いことが、製造された半導体構造のモビリティを低下させる要因の一つとなっている。

[0015] シリコン基板の場合、例えばゲート絶縁膜にはシリコン酸化膜（ SiO_2 ）が使われる。ゲルマニウム基板の場合、例えばゲート絶縁膜にはアルミナ（ Al_2O_3 ）が使われる。

[0016] 図2の（a）に示すシリコン基板100とシリコン酸化膜200との界面100aの欠陥密度は、 10^{10} のオーダーである。これに対して、図2の（b

）に示すゲルマニウム基板 10 と酸化ゲルマニウム膜 20 との界面 10a の欠陥密度は、 10^{13} のオーダーであり、シリコン基板の場合と比べて 3 桁高くなっている。

[0017] そこで、以下に説明する本実施形態では、ゲルマニウム基板 10 の表面を硫化水素 (H_2S) ガス及びアンモニア (NH_3) ガスでトリートメントし、ゲルマニウム基板 10 の表面に硫化ゲルマニウム (GeS_x) のパッシベーション膜 30 を形成する。これにより、図 2 の (c) に示すように、ゲルマニウム基板 10 の表面の欠陥密度は、 10^{11} のオーダーになる。このようにして、本実施形態ではゲルマニウムの表面の欠陥密度を低くすることにより、製造された半導体構造のモビリティを高め、高性能なトランジスタやその他の半導体構造を製造することができる。

[0018] [半導体構造例：パッシベーション処理方法]

次に、本実施形態にかかるパッシベーション処理方法を用いた半導体構造の製造工程の一例について、図 3 のフローチャートを参照しながら説明する。本実施形態にかかる半導体構造では、まず、塩酸 (HCl) 又は DHF (Diluted Hydrofluoric acid: 希フッ酸 (HF と H_2O の混合液)) の液体によりゲルマニウム基板 10 をウェットエッチングする (ステップ S10)。この工程により、ゲルマニウム基板 10 上の酸化ゲルマニウム (GeO_2) 膜 20 が除去される。

[0019] 次に、ゲルマニウム基板 10 上に High-k 膜を成膜するために、ゲルマニウム基板 10 を成膜装置 1 に搬送する (ステップ S12)。この工程により、ゲルマニウム基板 10 は所定の時間だけ空気に暴露される。この放置時間にゲルマニウム基板 10 の表面が再酸化され、ゲルマニウム基板 10 に自然酸化膜 (GeO) 40 が形成される。自然酸化膜 40 により、ゲルマニウム基板 10 の表面は欠陥密度が高い状態になる。

[0020] そこで、成膜装置 1 と同一又は異なる装置にてゲルマニウム基板 10 を NH_3 ガスの雰囲気にてエッチングする (ステップ S14)。この工程により、ゲルマニウム基板 10 の表面の自然酸化膜 40 が概ね除去される。

[0021] 次に、成膜装置 1 内に硫化水素 (H_2S) ガス及びアンモニア (NH_3) ガスを供給し、ゲルマニウム基板 10 のトリートメントを行う (ステップ S 16)。この工程により、ゲルマニウム基板 10 の表面に GeS_x のパッシベーション膜 30 が形成される。次に、High-k 膜 50 を成膜する (ステップ S 18)。High-k 膜 50 としては、アルミナ (Al_2O_3)、酸化ハフニウム (HfO_2)、ハフニウムアルミネート (HfAlO)、酸化ジルコニア (ZrO_2)、酸化プラセオジウム (PrO_x)、酸化ランタン (LaO_x)、酸化ガドリニウム (Gd_2O_3) が使用されてもよい。

[0022] 最後に、上部電極として機能する金属膜 60 を成膜し (ステップ S 20)、本処理を終了する。金属膜 60 としては、タンタル (Ta)、窒化タンタル (TaN)、窒化チタン (TiN) が使用されてもよい。

[0023] (自然酸化膜)

なお、ステップ S 16 以降の工程を *in-situ* で行う環境が好ましい。*ex-situ* で行う環境では、ステップ S 16 のパッシベーション膜を成膜する前やステップ S 18 の High-k 膜 50 を成膜する前に、ゲルマニウム基板 10 の表面が空気に暴露されてしまい、その間にゲルマニウム基板 10 の表面に自然酸化膜 40 が形成されてしまう。例えば、図 4 は、空気に暴露する時間(すなわち、ゲルマニウム基板の放置時間)とゲルマニウム基板上の自然酸化物の厚さとの関係の一例を示す。図 4 の横軸は、放置時間を示し、縦軸は自然酸化膜の厚さを示す。なお、図 4 は、論文「Native Oxidation Growth on Ge(111) and (100) Surfaces」, Siti Kudnie Sahari, Hideki Murakami, Tomohiro Fujioka, Tatsuya Bando, Akio Ohta, Katsunori Maki hara, Seiichiro Higashi, and Seiichi Miyazaki, Japanese Journal of Applied Physics 50 (2011) 04DA12 の Fig.6 を引用する。

[0024] これによれば、放置時間が同じ場合、*n* 形ゲルマニウム基板 (*n-Ge*) 及び *p* 形ゲルマニウム基板 (*p-Ge*) の自然酸化膜の厚さは、*n* 形シリコン基板 (*n-Si*) の自然酸化膜の厚さに対して 4~5 倍になっている。つまり、ゲルマニウム基板は、シリコン基板よりも酸化しやすい。

[0025] よって、放置時間が長くなるほどゲルマニウム基板 10 上に GeO_x の結合が増え、 GeS_x の結合が減るため、放置時間が長くなるほどゲルマニウム基板 10 上の S の濃度が低くなり、O の濃度が高くなる。

[0026] ゲルマニウム基板 10 上の O の濃度が高くなると、ゲルマニウム基板 10 と High-k 膜との界面における欠陥密度が高くなる。つまり、ゲルマニウム基板 10 は、シリコン基板よりも自然酸化され易く、これによって表面の欠陥密度が高くなり、モビリティが下がる傾向があることがわかる。

[0027] ゲルマニウム基板 10 上の酸化ゲルマニウム (GeO_2) 膜 20 は、図 3 のステップ S10 のウェットエッチングでほぼ除去できる。しかし、ゲルマニウム基板 10 上の自然酸化膜は上記のウェットエッチングですべて除去することは難しい。このため、ステップ S12 のゲルマニウム基板 10 の放置時間（搬送時間等）を短縮することで、自然酸化膜 40 が形成され難いようにすることが好ましい。

[0028] したがって、前記放置時間の管理は重要である。本実施形態では、図 3 のステップ S16 において、ゲルマニウム基板 10 のトリートメントを行い、ゲルマニウム基板 10 の表面にパッシベーション膜を形成し、保護し、これにより、ゲルマニウム基板 10 の表面が酸化されることを防止する。この結果、ゲルマニウム基板 10 の表面の欠陥密度が高くなり、製造された半導体構造のデバイス特性が悪くなることを防ぐことができる。なお、以上の理由から図 3 のステップ S16 以降の工程は、例えば成膜装置 1 において *in-situ* で行うことがより好ましい。ただし、ステップ S16 にてゲルマニウム基板 10 の表面にパッシベーション膜が形成されているため、ステップ S18 及びステップ S20 は *ex-situ* で行ってもよい。

[0029] （成膜装置の構成例）

なお、成膜装置の構成例について簡単に説明する。成膜装置 1 は、表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形の処理室 C を有している。処理室 C の内部には載置台 12 が設けられている。載置台 12 は、ゲルマニウム基板 10 を載置する。

[0030] 処理室Cの天井部には、ガスシャワーヘッド11が設けられている。硫化水素ガス及びアンモニアガスは、ガスシャワーヘッド11のガス導入口14から導入され、ガスバッファ空間11bを通して多数のガス通気孔11aから処理室C内に供給される。処理室C内へ供給された硫化水素ガス及びアンモニアガスの作用によりゲルマニウム基板10上にパッシベーション膜30が成膜される。

[0031] (NH₃添加)

図3のステップS16では、ゲルマニウム基板10のトリートメントを行い、ゲルマニウム基板10の表面にパッシベーション膜を形成するために硫化水素(H₂S)ガス及びアンモニア(NH₃)ガスを用いた。次に、5つのトリートメント条件に対して成膜されたパッシベーション膜について、図5Aおよび図5Bを参照しながら説明する。図5Aは、5つのトリートメント条件を示す。

[0032] トリートメント条件Aは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、0／100である。

[0033] トリートメント条件Bは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、60／140である。

[0034] トリートメント条件Cは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、100／100である。

[0035] トリートメント条件Dは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、140／60である。

[0036] トリートメント条件Eは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、0／100である。

[0037] トリートメント条件Fは、アンモニア／硫化水素ガスの比が、100／100である。

[0038] つまり、トリートメント条件A、Eは、アンモニアガスが添加されていない点が他の条件B～D、Fと異なる。また、トリートメント条件A～Dは、トリートメント時間が2分であり、トリートメント時間が20分のトリート

メント条件E、Fと異なる。

[0039] トリートメント条件A～Fの共通点は以下である。

- ・塩酸（HCL）のウェットエッチング（10%の溶液、10分）がトリートメント前に実行されている。
- ・処理室内の圧力は100 Torr（13332 Pa）、温度は100℃に制御されている。

[0040] 図5Bは、5つのトリートメント条件下で成膜されたパッシベーション膜（つまり、ゲルマニウム基板の表面）のXPS（X線光電子分光：X-ray Photoelectron Spectroscopy）測定によるS 2p軌道電子として観測された硫黄Sの割合を示す。例えば、トリートメント条件Aでは、パッシベーション膜が形成されたゲルマニウム基板10の表面付近に4%の硫黄が存在していることを示す。

[0041] 図5Aおよび図5Bによれば、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加してトリートメントを行った条件B、C、D、Fは、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加せずにトリートメントを行った条件A、Eよりもパッシベーション膜の物質に含まれる硫黄Sの割合が多いことがわかる。特に、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加せずに20分間トリートメントを行った条件Eの場合、パッシベーション膜に含まれる硫黄Sの割合は6%である。これに対して、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加して2分間トリートメントを行った条件B～Dの場合、パッシベーション膜に含まれる硫黄Sの割合は10%程度である。つまり、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加してトリートメントを行うと、トリートメント時間を1/10に短縮してもパッシベーション膜に含まれるSの割合は高くなり、ゲルマニウム基板10の表面の欠陥密度を低くすることができることがわかる。

[0042] ただし、図5Bに示されるパッシベーション膜に含まれる硫黄Sには、膜中のゲルマニウムGeと結合していない硫黄Sも含まれる。よって、次に、ゲルマニウム基板10中のGeと結合している硫黄Sの成分について考察する。図6A乃至図6Cは、パッシベーション膜が形成されたゲルマニウム基

板 10 を表面から XPS 測定した結果の一例を示す。横軸は結合エネルギーであり、縦軸はゲルマニウム基板 10 表面の組成の状態を示す。図 6 A は、トリートメントを行っていない場合（パッシベーション膜が形成されていない場合）を示す。図 6 B は、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加せずにトリートメントを行った場合を示す。図 6 C は、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加してトリートメントを行った場合を示す。

[0043] 図 6 A 乃至図 6 C の測定結果によれば、図 6 C のアンモニアガスを添加したトリートメントでは、パッシベーション膜に含まれる GeS や GeS_2 のピークが、図 6 B のアンモニアガスを添加しないトリートメントを行った場合の GeS や GeS_2 のピークよりも顕著に高くなっている。つまり、アンモニアガスを添加した場合のパッシベーション膜には、アンモニアガスを添加しない場合よりも Ge と結合した硫黄 S の成分が多く含まれる。このように、アンモニアガスを添加した硫化水素ガスを用いてトリートメントを行うことで、 GeS_x を形成する際の活性化エネルギーが下がると推測される。

[0044] 以上から、アンモニアガスを添加した硫化水素ガスを用いてトリートメントを行うことで、ゲルマニウムと結合している S がパッシベーション膜中に含まれる割合が高くなり、ゲルマニウム基板 10 表面の欠陥密度が低下することがわかる。これにより、ゲルマニウム基板 10 と High-k 膜 50 との界面の状態がよくなって、モビリティが高くなると予想される。

[0045] なお、図 6 A のトリートメントを行っていない場合、ゲルマニウム基板 10 表面の GeS や GeS_2 のピークは、図 6 B のアンモニアガスを添加せずに硫化水素ガスを用いてトリートメントを行った場合よりも更に低くなっている。

[0046] 以上に説明したように、本実施形態によるパッシベーション処理方法により形成したパッシベーション膜では、硫黄 S の含有率が高くなり、ゲルマニウムと結合した GeS や GeS_2 として安定して膜中に存在することがわかった。これにより、ゲルマニウム基板の表面における欠陥密度を低下させ、製造された半導体のモビリティを向上させることができる。

[0047] また、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加することでトリートメント時間を短縮することができる。また、通常300℃～400℃の高温にてH₂Sガスを用いてパッシベーション膜が成膜されるのに対し、本実施形態では、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加して、より低温の100℃でパッシベーション膜を形成する。この結果、トリートメント時間を約1/10に短縮でき、かつ低温処理にてパッシベーション膜を形成することができ、生産効率を向上させることができる。

[0048] なお、図7Aの上段及び下段のSEM（走査型電子顕微鏡）画像には、トリートメントを行っていないゲルマニウム基板の表面及び断面を示す。図7Bの上段及び下段のSEM画像には、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行ったゲルマニウム基板の表面及び断面を示す。図7Aおよび図7Bによれば、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行ったゲルマニウム基板の表面粗さ（roughness）が、トリートメントを行っていないゲルマニウム基板の表面粗さと同等であることが証明される。つまり、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行っても、トリートメント前のゲルマニウム基板の表面粗さよりも表面状態が悪くならないことが確認できる。

[0049] [温度及び圧力依存]

次に、本実施形態にかかるパッシベーション処理方法を適用する処理室の温度及び圧力依存性について、図8A～図11を参照しながら説明する。図8A～図11は、TOF-SIMS（Time-of-Flight Secondary Mass Spectrometry：二次イオン質量分析法）によりパッシベーション膜が形成されたゲルマニウム基板の表面状態を分析した結果を示す。

[0050] 本実施形態では、処理室の温度として載置台の温度が示されている。

[0051] ここでは、まず、塩酸（HCL）を含む液体でゲルマニウム基板10を10分間ウェットエッチングする。次に、ウェットエッチング後のゲルマニウム基板に、硫化水素ガス及びアンモニアガスによりトリートメントを行った結果の一例を示す。図8Aは、処理室内の圧力が3 Torr（400 Pa）

の場合であって、処理室内の温度が25℃、50℃、100℃のときのパッシベーション膜中のGeO₂の個数とGeSの個数とを示したグラフである。図8Cは、横軸がトリートメント時の温度を示し、縦軸がGeSに対するGeO₂の比率を示す。この結果によれば、膜中のGeSに対するGeO₂の比率は、25℃よりも50℃及び100℃の方が少なくなっている。

[0052] 図8Bは、処理室内の圧力が50 Torr (6667 Pa) の場合であって、処理室内の温度が25℃、50℃、100℃のときのパッシベーション膜中のGeO₂の個数とGeSの個数とを示したグラフである。図8Cに示すように、膜中のGeSに対するGeO₂の比率は、25℃よりも50℃及び100℃の方が少なくなっている。

[0053] このように、処理室内の圧力が3 Torr 及び50 Torr のいずれの場合も温度が高くなるほどGeSに対するGeO₂の比率は低くなり、この結果、欠陥密度が低下する。以上から、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行う際、処理室内を50℃以上に制御することが好ましい。

[0054] また、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行う際、処理室内の圧力は3 Torr 以上に制御することが好ましく、50 Torr 以上の高圧にするとより好ましい。

[0055] 図9は、処理室内の圧力を50 Torr に制御し、処理室内の温度を25℃、50℃、100℃、150℃、200℃にしたときのパッシベーション膜中のGeO₂の個数、GeSの個数、およびGeSに対するGeO₂の比率を示したグラフである。これによれば、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行う際、処理室内の温度を50℃以上に制御するとゲルマニウム基板の表面のOの濃度を低下できるため処理室内の温度は50℃以上が好ましい。また、処理室内の温度が100℃～200℃の範囲では、パッシベーション膜中のGeSに対するGeO₂の割合が飽和状態にあり、ほぼ変化していない。

[0056] 図10は、処理室内の圧力を50 Torr に制御し、処理室内の温度を25℃、50℃、100℃、150℃、200℃にしたときのパッシベシ

ン膜中の GeO_x の個数、 GeS_x の個数、および GeS_x に対する GeO_x の比率を示したグラフである。本例では、 GeO_x の個数は、 GeO と GeO_2 の個数の合計であり、 GeS_x の個数は、 GeS と GeS_2 の個数の合計である。図10に示されるように、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行う際、処理室内の温度を 50°C 以上にするとゲルマニウム基板の表面のOの濃度を低下できるため、処理室内の温度は 50°C 以上が好ましい。また、 $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ の範囲ではパッシベーション膜中の GeS_x に対する GeO_x の割合が飽和状態にあり、ほぼ変化していない。

[0057] 図11の実験では、処理室内の圧力を 50 Torr (6667 Pa)、 100 Torr (13332 Pa)、 300 Torr (39996 Pa)、 500 Torr (66670 Pa)に制御し、処理室内の温度を 100°C 、 200°C 、 250°C に制御する。図11は、処理室内の圧力および温度を上述のように制御したときのパッシベーション膜中の GeO_2 の個数と GeS の個数と GeS に対する GeO_2 の比率とを示したグラフである。図11に示されるように、硫化水素ガスとアンモニアガスによりトリートメントを行う際、処理室内の圧力を 100 Torr (13332 Pa)以上に制御し、温度を 100°C 以上に制御すると、概ねゲルマニウム基板の表面のOの濃度を低下できるため、上述のように制御することが好ましい。

[0058] また、Tにて差し示す枠内の結果によれば、同じ圧力で温度を上げるとパッシベーション膜に含まれるOの数が増えている。また、Pにて差し示す枠内の結果によれば、同じ温度で圧力を上げるとパッシベーション膜に含まれるOの数が減っている。ただし、 GeS に対する GeO_2 の比率を考慮すると、載置台の温度は $50^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ に制御すればよい。また、処理室の圧力は 3 Torr 以上に制御すればよい。また、圧力の上限值は、 200 Torr (26664 Pa)程度が好ましい。APC(自動圧力制御器)を動作させて処理室内を調圧する場合、APCの実用範囲の上限值が 200 Torr 程度であるため、処理室の圧力は、 $3\text{ Torr} \sim 200\text{ Torr}$ に制御することが好ましい。また、処理ガスの使用量を少なくする上でも、上限値は20

0 T o r r 程度になると思われる。

[0059] [インジウムガリウム砒素基板と流量依存]

次に、本実施形態にかかるパッシベーション処理方法におけるガスの流量依存性について、図12を参照しながら説明する。ここでは、ゲルマニウム基板の代わりにインジウムガリウム砒素 (InGaAs) の基板が使用される。インジウムガリウム砒素の基板は、本実施形態にかかるパッシベーション処理方法を適用するIII-V族の基板の一例である。III-V族の他の材料としては、ガリウム砒素 (GaAs)、インジウム砒素 (InAs)、アンチモン化ガリウム (GaSb) 及びアンチモン化インジウム (InSb) 等を使用することができる。なお、図12は、TOF-SIMSによりパッシベーション膜が形成されたインジウムガリウム砒素の基板の表面状態を分析した結果を示す。

[0060] ここでは、まず、希フッ酸 (DHF) を含む液体でインジウムガリウム砒素の基板を10分間ウェットエッチングする。次に、処理室の温度を50℃、圧力を50 T o r r (6666 Pa) に制御し、硫化水素ガスとアンモニアガスとにより2分間のトリートメントが行われる。この工程により、パッシベーション膜が成膜される。

[0061] ゲルマニウム基板の場合、ゲルマニウム基板の表面のGeO_x及びGeS_xの個数を測定することでそれらの比率からパッシベーション膜の特性を考察した。これに対して、インジウムガリウム砒素 (InGaAs) の基板の場合、InGaAsの基板の表面のInO_x、InS_x、GaO_x、GaS_x、AsO_x及びAsS_xの個数を測定する。そして、インジウム (In)、ガリウム (Ga)、砒素 (As) のそれぞれについて、Sに対するOの比率を考察する。図12には、トリートメントなしの場合と、トリートメントありの場合が示されている。ここで「トリートメントあり」とは、アンモニアガスと硫化水素ガスの流量比が20/180の場合にアンモニアガスと硫化水素ガスのトリートメントである。図12には、これにより形成されたパッシベーション膜中のAsO及びAsSの比率、GaO及びGaSの比率、InO及

び InS の比率が示されている。図 12 によれば、 AsO 及び AsS の比率、 GaO 及び GaS の比率、 InO 及び InS の比率のいずれも、トリートメントありの場合には、トリートメントなしの場合よりも InGaAs の基板の表面の S の濃度が O の濃度よりも高くなっていることがわかる。この結果、硫化水素ガスに対するアンモニアガスの流量比を 10% ($= 20 / (20 + 180) \times 100$) 以上に制御することが好ましい。なお、図 12 の結果では $\text{AsO} / \text{AsS} < \text{GaO} / \text{GaS} < \text{InO} / \text{InS}$ となっている。

[0062] 以上に説明したように、本実施形態のパッシベーション処理方法によれば、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加したトリートメントにより硫黄 S の含有率が高いパッシベーション膜がゲルマニウム等の基板の表層に成膜される。これにより、ゲルマニウム等の基板の表面（つまり、基板と High-k 膜との界面）における欠陥密度を低下させることができる。

[0063] また、本実施形態によれば、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加することでトリートメントの処理スピードを、アンモニアを添加せずに硫化水素ガスのみによりトリートメントを行う場合と比較して 10 倍程高速にできる。また、通常、トリートメントが 300℃ 程度の高温で行われるのに対し、本実施形態によれば、100℃ 程度の低温にてパッシベーション膜を形成することができる。この結果、生産効率を向上させることができる。

[0064] なお、本実施形態のパッシベーション処理方法では、硫化水素ガスとアンモニアガスとを使用した。しかしながら、硫化水素ガスの代わりにセレン化水素 (H_2Se) ガスを使用してもよい。この場合、本実施形態のパッシベーション処理方法によれば、セレン化水素ガスにアンモニアガスを添加したトリートメントによりセレン Se の含有率が高いパッシベーション膜がゲルマニウムや III-V 族の基板の上に成膜される。これにより、ゲルマニウムや II-V 族の基板の界面における欠陥密度を低下させることができる。

[0065] [キャパシタへの応用]

上記実施形態にかかるパッシベーション処理方法は、トランジスタの製造

に適用される。しかしながら、上記実施形態にかかるパッシベーション処理方法は、ゲルマニウムやIII-V族を含むキャパシタにも適用可能である。上記実施形態にかかるパッシベーション処理方法により、ゲルマニウムやIII-V族半導体とその上に形成される酸化膜との界面の欠陥密度を低下させることができる。

[0066] 図13Aおよび図13Bは、本実施形態にかかるトリートメント（パッシベーション膜）の有無とキャパシタのC-V特性を示す。図13Aは、本実施形態にかかるゲルマニウム基板に対してトリートメントを行わなかった場合のキャパシタの電圧Vに対する容量Cの特性（C-V特性）を示す。図13Bは、本実施形態にかかるトリートメントを行なった場合のキャパシタのC-V特性を示す。各周波数は、1Cチップ内のキャパシタに印加する電力の周波数である。

[0067] 図13Aおよび図13Bによれば、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加してパッシベーション膜を成膜した場合、パッシベーション膜によりキャパシタのC-V特性が良好になっている。特に、図13Bの楕円Wに示すように、曲線F1（1MHz）、曲線F2（500kHz）、曲線F3（200kHz）、曲線F4（100kHz）において良好なC-V特性が得られている。つまり、キャパシタの界面の欠陥密度が低い場合、周波数が高くても（例えば、100kHz、200kHz、500kHz）、良好な特性が得られている。

[0068] これに対して、本実施形態にかかるトリートメントを行っていない場合、図13Aの楕円Uに示すように、キャパシタのC-V特性にバラツキがある。つまり、この場合、キャパシタの界面の欠陥密度が高く、良好な特性が得られていない。

[0069] 以上から、本実施形態のパッシベーション処理方法によれば、硫化水素ガスにアンモニアガスを添加したトリートメントにより硫黄Sの含有率が高いパッシベーション膜がゲルマニウムやIII-V族の基板の上に成膜される。これにより、ゲルマニウムやIII-V族の基板の界面における欠陥密度を低下さ

せ、モビリティを高めることができる。

[0070] また、本実施形態のパッシベーション処理方法によれば、セレン化水素ガスにアンモニアガスを添加したトリートメントによりセレン Se の含有率が高いパッシベーション膜がゲルマニウムやIII-V族の基板の上に成膜される。これにより、ゲルマニウムやIII-V族の基板の界面における欠陥密度を低下させ、モビリティを高めることができる。

[0071] 以上、パッシベーション処理方法、半導体構造の形成方法及び半導体構造を上記実施形態により説明したが、本発明にかかるパッシベーション処理方法、半導体構造の形成方法及び半導体構造は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。また、上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

[0072] 例えば、パッシベーション膜を成膜する工程は、硫化水素 (H_2S) ガス又はセレン化水素 (H_2Se) ガスと、アンモニア (NH_3) ガスに加えて N_2 等の不活性ガスを加えてもよい。ただし、硫化水素ガス又はセレン化水素ガスの分圧は他のガスの分圧よりも高く制御することが好ましい。

[0073] また、本発明により処理される基板は、ウェハに限られず、例えば、フラットパネルディスプレイ (Flat Panel Display) 用の大型基板、EL素子又は太陽電池用の基板であってもよい。太陽電池用の基板の場合、 CuInGaSe_2 、 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 等の発電層の薄膜が、アンモニアを添加した硫化水素ガス又はアンモニアを添加したセレン化水素ガスの雰囲気中、かつ $100^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ の温度で形成される。このとき形成される発電層は、バンドギャップが調整された結晶構造を有する。

[0074] 本国際特許出願は2015年4月20日に提出した日本国特許出願第2015-086251号に基づきその優先権を主張するものであり、日本国特許出願第2015-086251号の全内容を本願に援用する。

符号の説明

[0075] 1：成膜装置

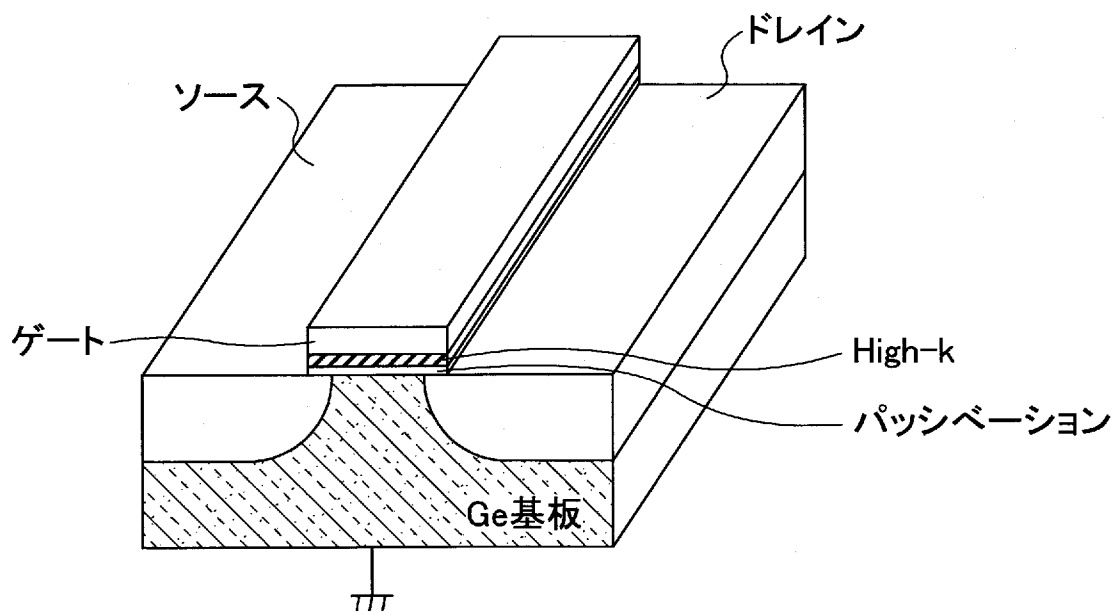
- 10 : ゲルマニウム基板
- 11 : ガスシャワーヘッド
- 12 : 載置台
- 20 : 酸化ゲルマニウム膜
- 30 : パッシベーション膜
- 40 : 自然酸化膜
- 50 : High-k 膜
- 60 : 金属膜
- C : 処理室

請求の範囲

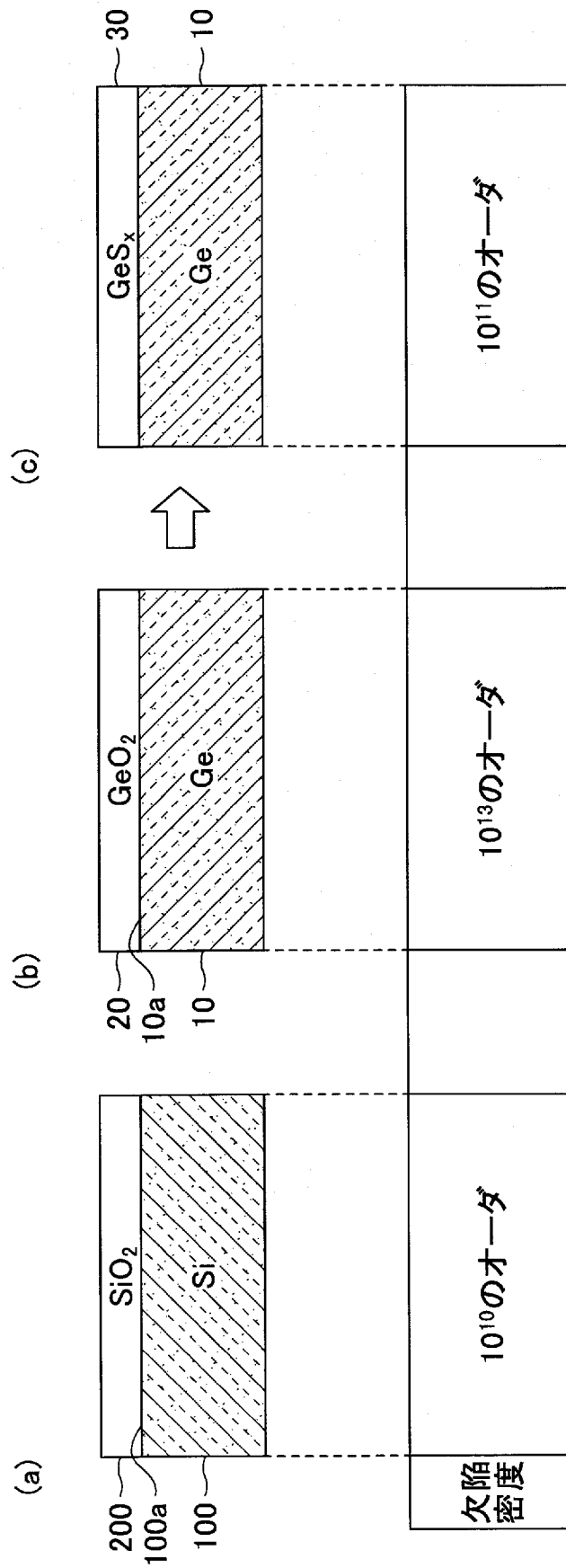
- [請求項1] ゲルマニウム（Ge）又はIII－V族の基板を処理室内の載置台に載置する工程と、
- 硫化水素（ H_2S ）ガス又はセレン化水素（ H_2Se ）ガスと、アンモニア（ NH_3 ）ガスとを前記処理室内に供給し、前記基板の上に硫黄（S）又はセレン（Se）を含有するパッシベーション膜を成膜する工程と、
- を有するパッシベーション処理方法。
- [請求項2] 前記載置台の温度を $50^{\circ}C \sim 250^{\circ}C$ に制御する、
- 請求項1に記載のパッシベーション処理方法。
- [請求項3] 前記処理室の圧力を $3\text{ Torr} \sim 200\text{ Torr}$ に制御する、
- 請求項1に記載のパッシベーション処理方法。
- [請求項4] 硫化水素（ H_2S ）ガスに対するアンモニア（ NH_3 ）ガスの流量比を10％以上に制御する、
- 請求項1に記載のパッシベーション処理方法。
- [請求項5] 硫化水素（ H_2S ）ガス又はセレン化水素（ H_2Se ）ガスと、アンモニア（ NH_3 ）ガスとともに不活性ガスを供給する、
- 請求項1に記載のパッシベーション処理方法。
- [請求項6] 半導体構造の形成方法であって、
- ゲルマニウム（Ge）又はIII－V族の基板を処理室内の載置台に載置する工程と、
- 硫化水素（ H_2S ）ガス又はセレン化水素（ H_2Se ）ガスと、アンモニア（ NH_3 ）ガスとを前記処理室内に供給し、前記基板の上に硫黄（S）又はセレン（Se）を含有するパッシベーション膜を成膜する工程と、
- 前記パッシベーション膜の上に誘電体膜を形成する工程と、
- 前記誘電体膜の上に金属膜を形成する工程と、
- を有する、半導体構造の形成方法。

[請求項7] ゲルマニウム（Ge）又はIII－V族の基板と、
 硫化水素（ H_2S ）ガス又はセレン化水素（ H_2Se ）ガスと、ア
 ンモニア（ NH_3 ）ガスとにより、前記基板の上に形成された硫黄（
 S）又はセレン（Se）を含有するパッシベーション膜と、
 前記パッシベーション膜の上に形成された誘電体膜と、
 前記誘電体膜の上に形成された金属膜と、
 を有する半導体構造。

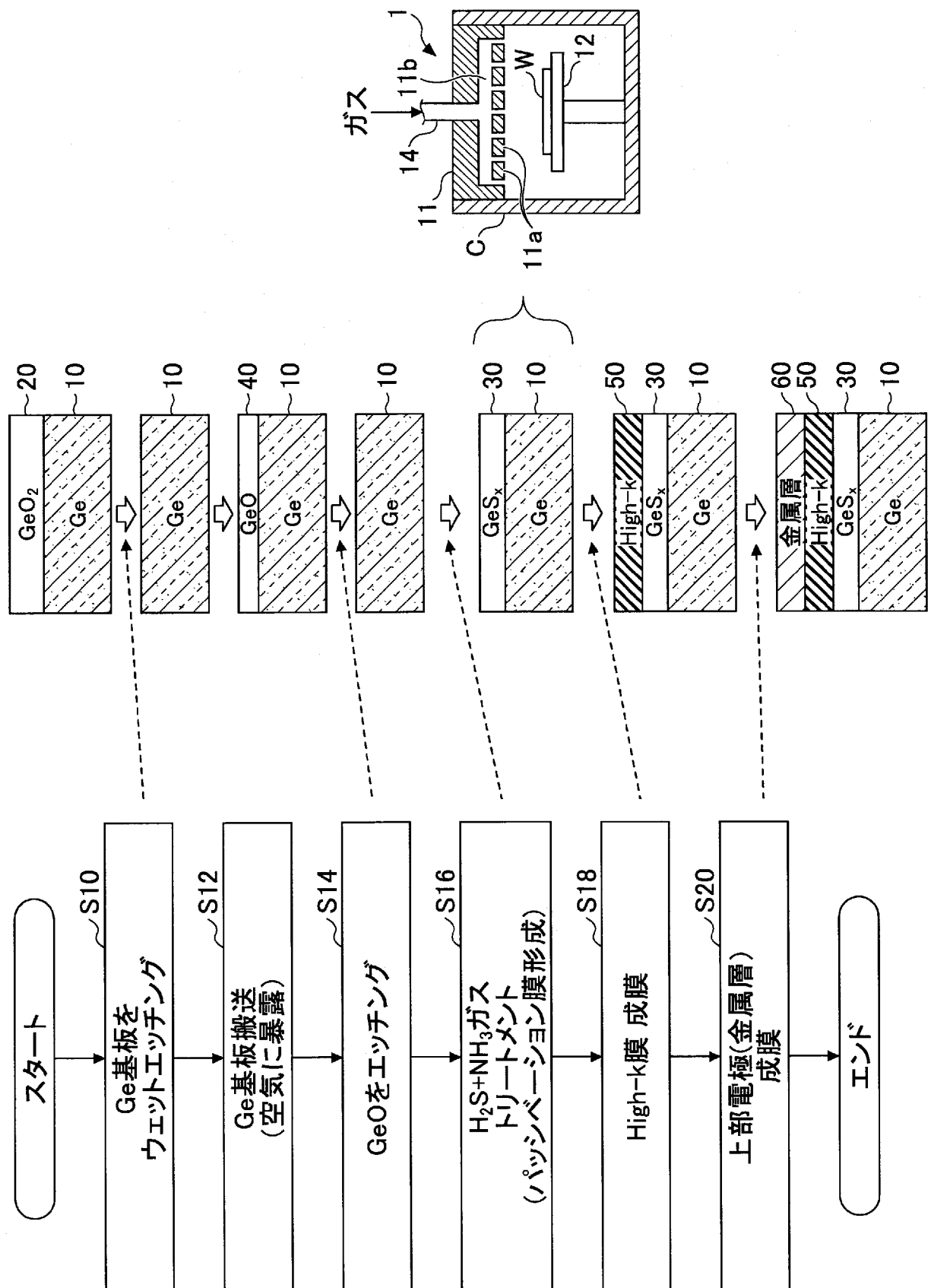
[図1]



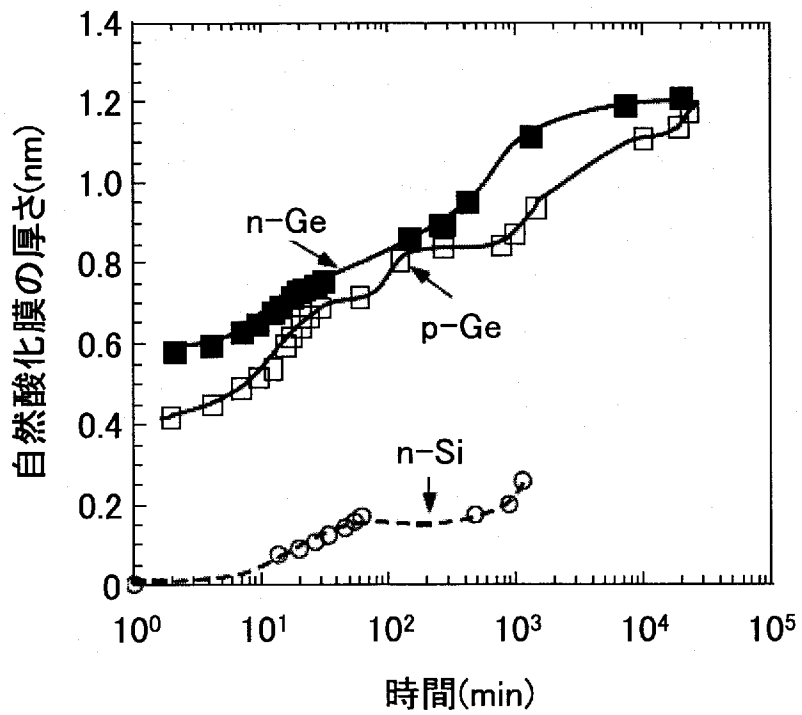
[図2]



[図3]



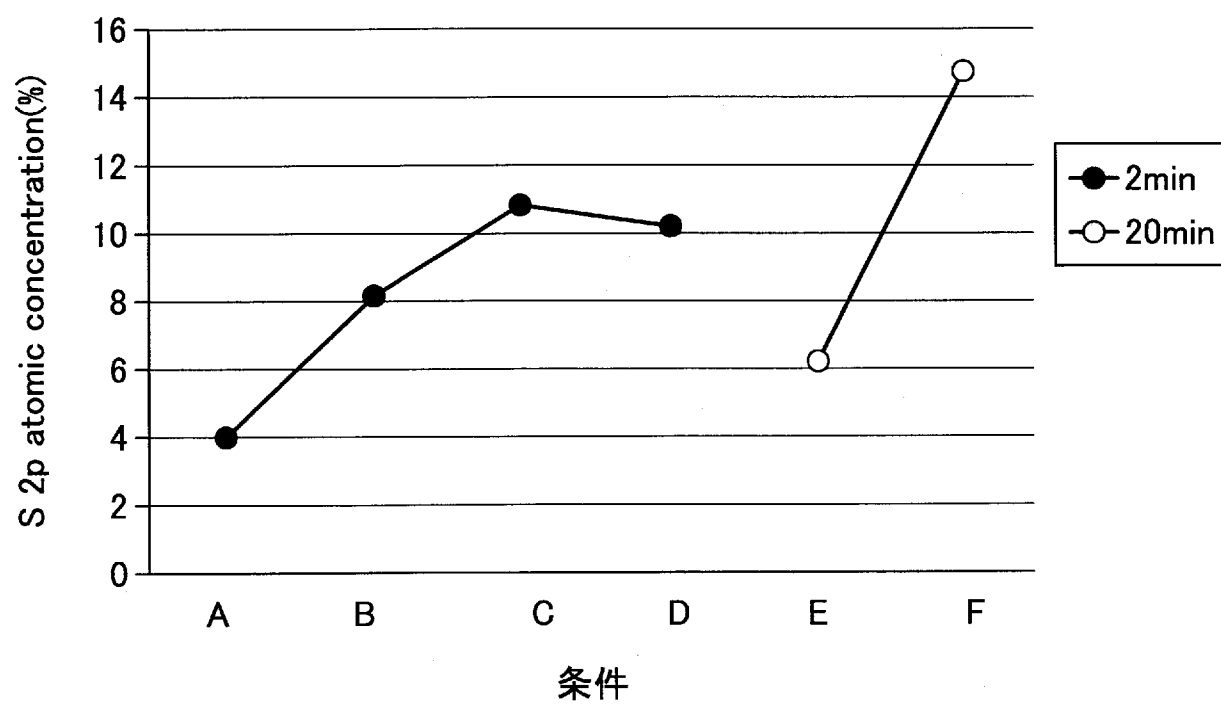
[図4]



[図5A]

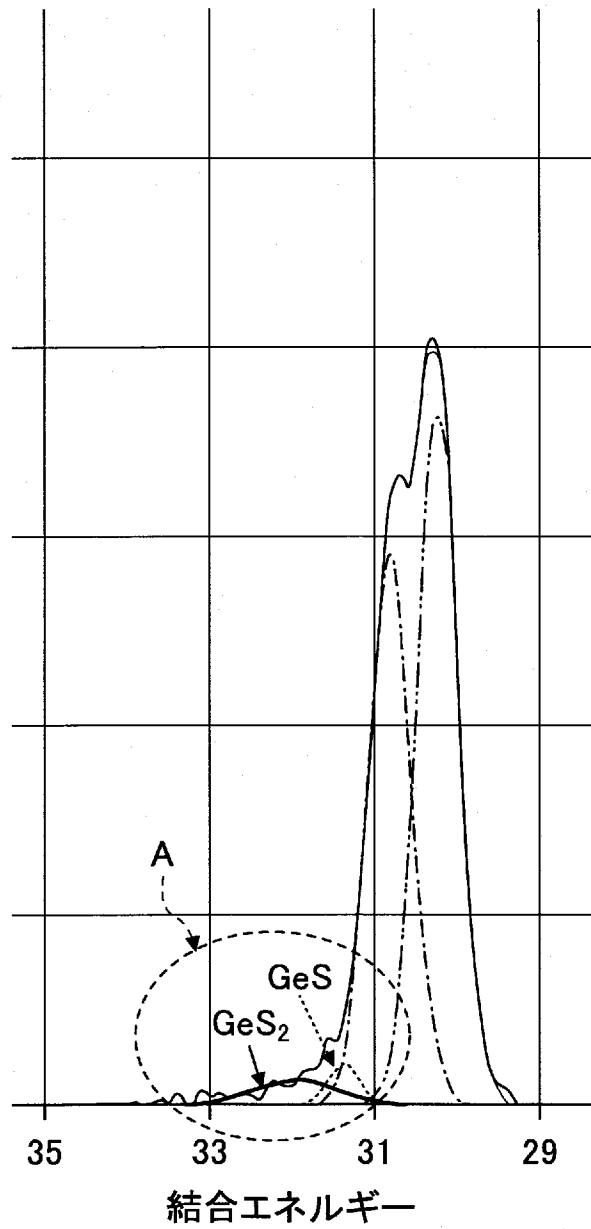
条件	ウェット エッチング	トリートメント(パッシベーション膜形成)			
		Press	Temp	NH ₃ /H ₂ S(sccm)	Time
A	○	100Torr	100°C	0/100	2min
B	○	100Torr	100°C	60/140	2min
C	○	100Torr	100°C	100/100	2min
D	○	100Torr	100°C	140/60	2min
E	○	100Torr	100°C	0/100	20min
F	○	100Torr	100°C	100/100	20min

[図5B]

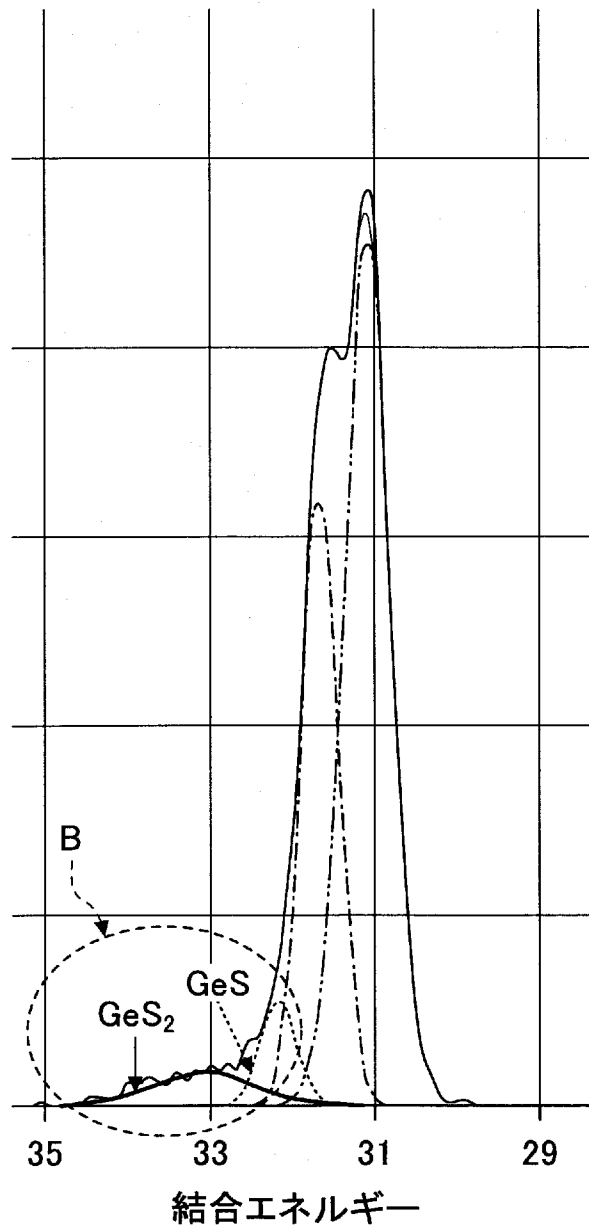


[図6A]

トリートメントなし

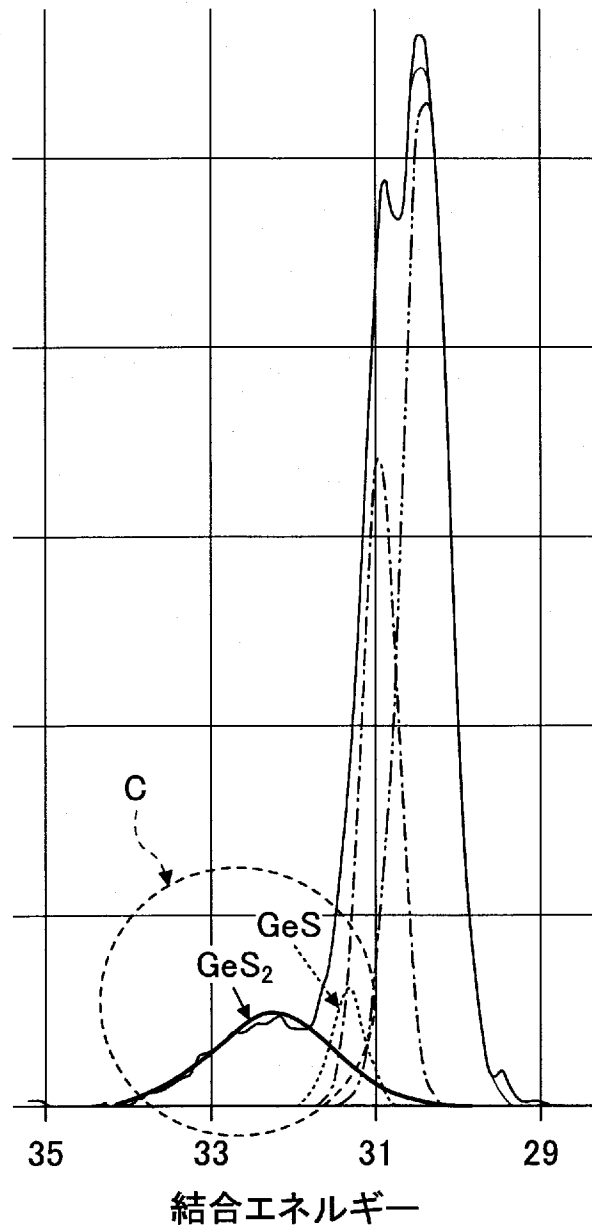


[図6B]

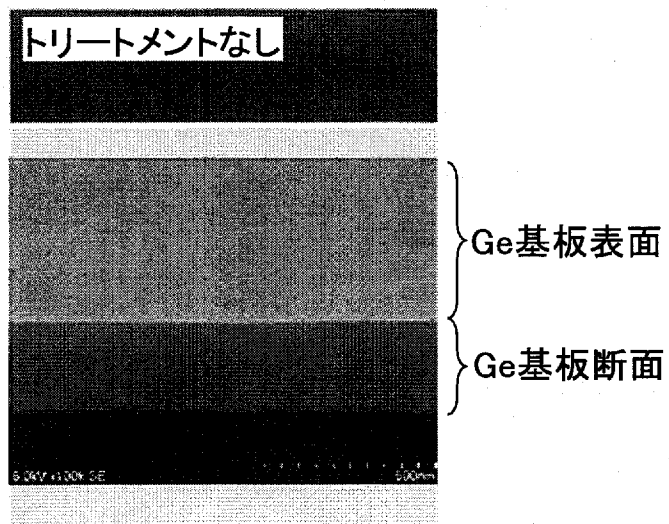
 H_2S ガストリートメント

[図6C]

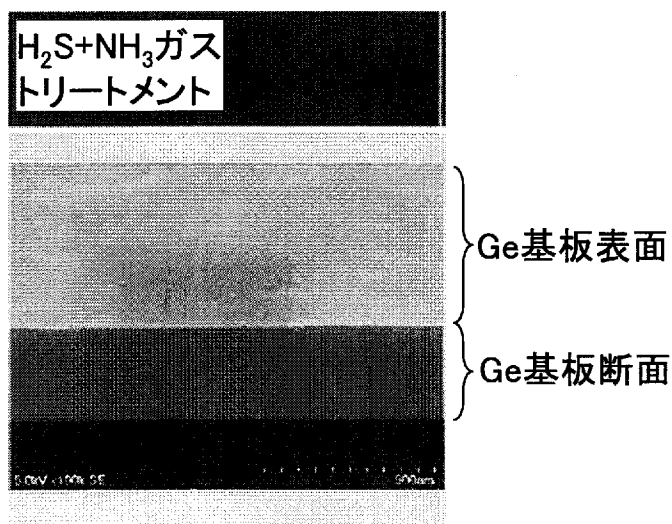
H₂S+NH₃ガストリートメント



[図7A]

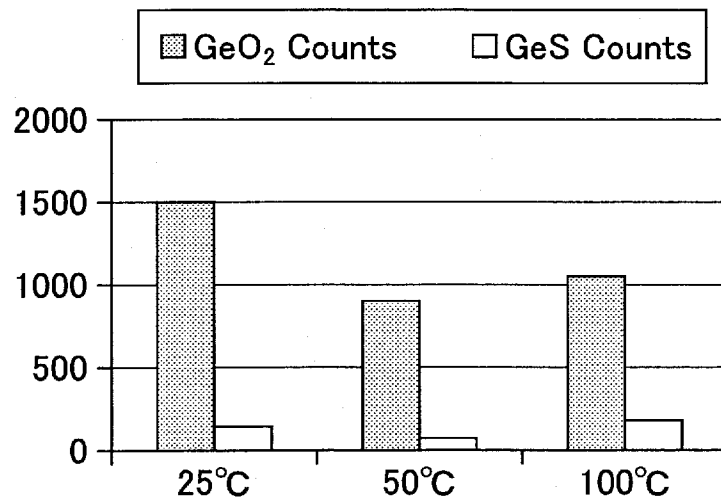


[図7B]



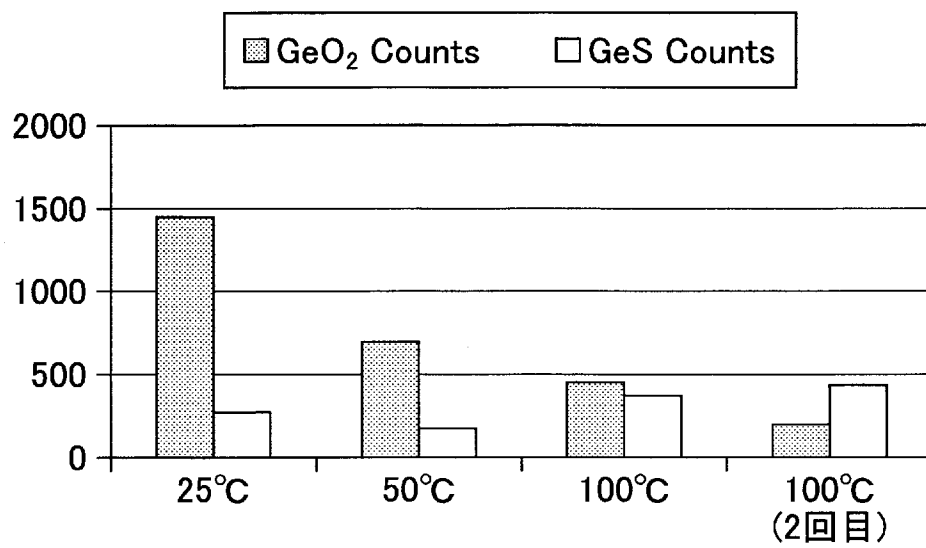
[図8A]

3Torr

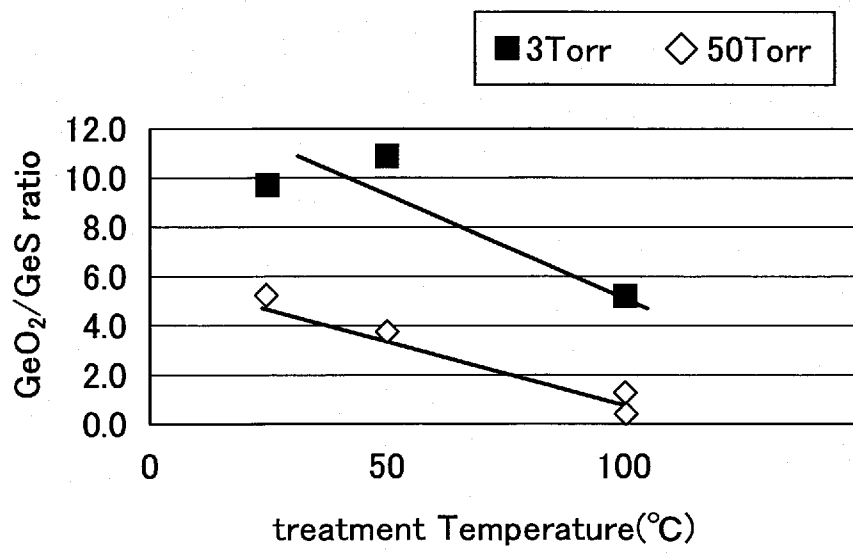


[図8B]

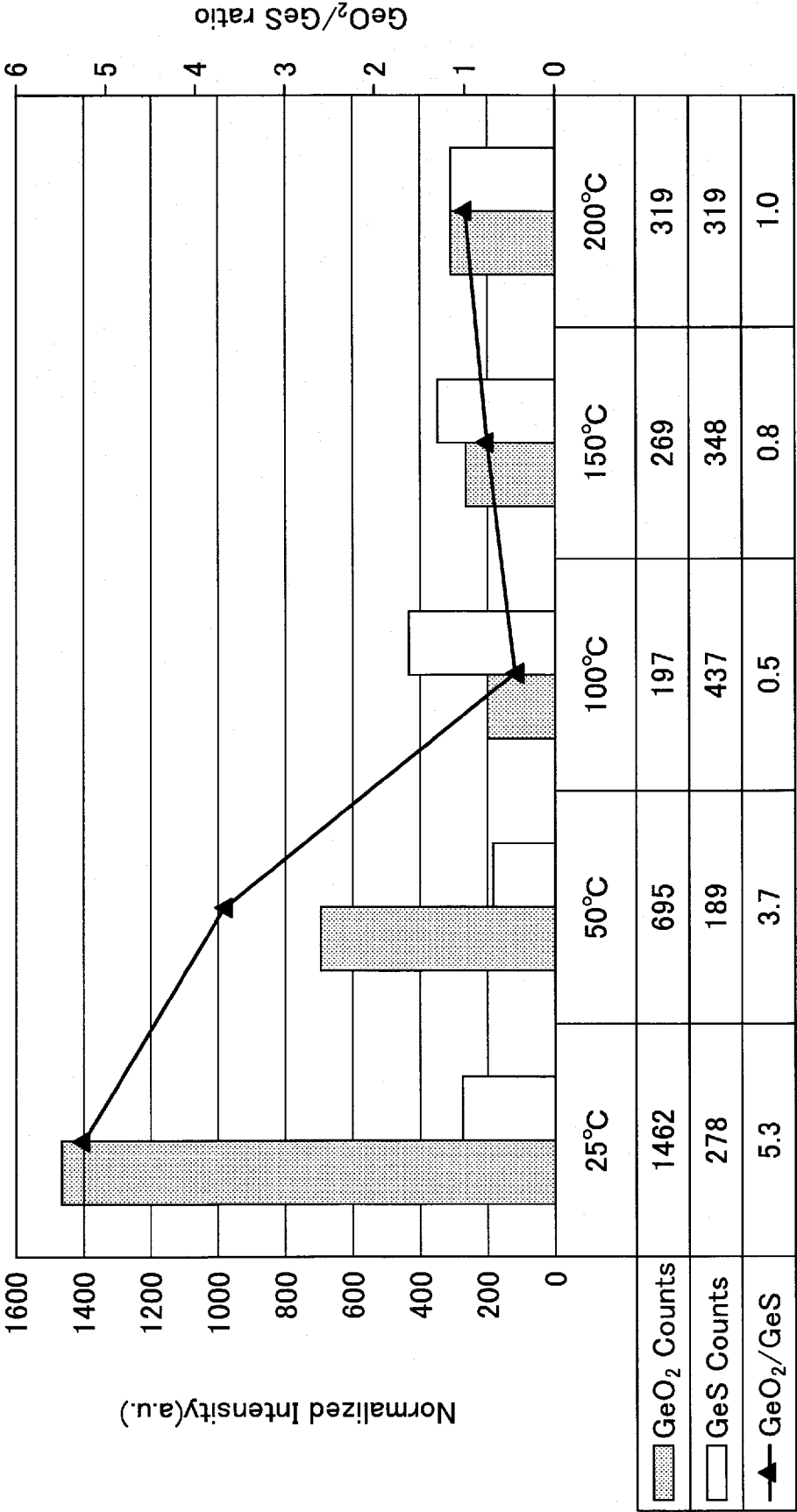
50Torr



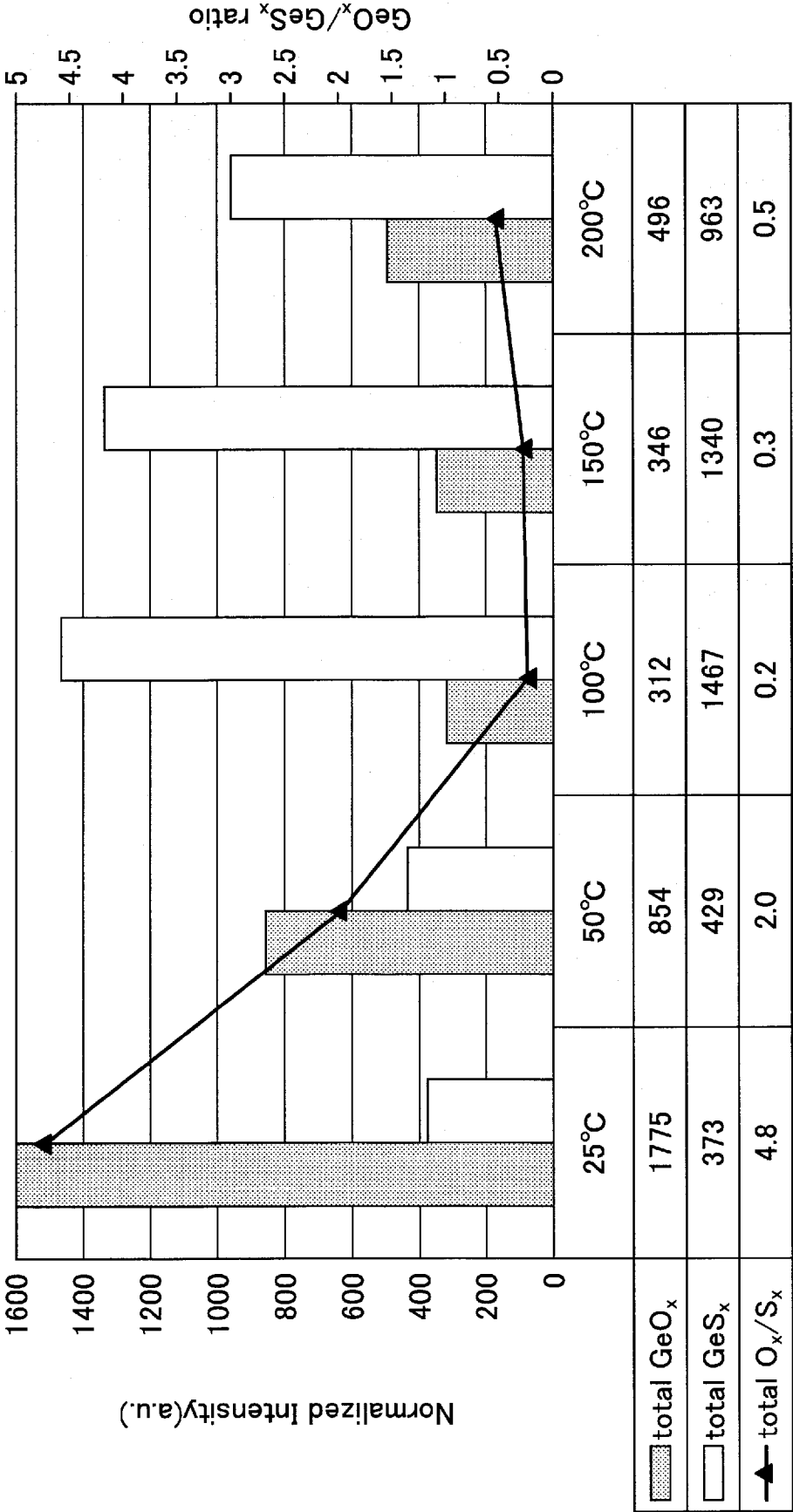
[図8C]



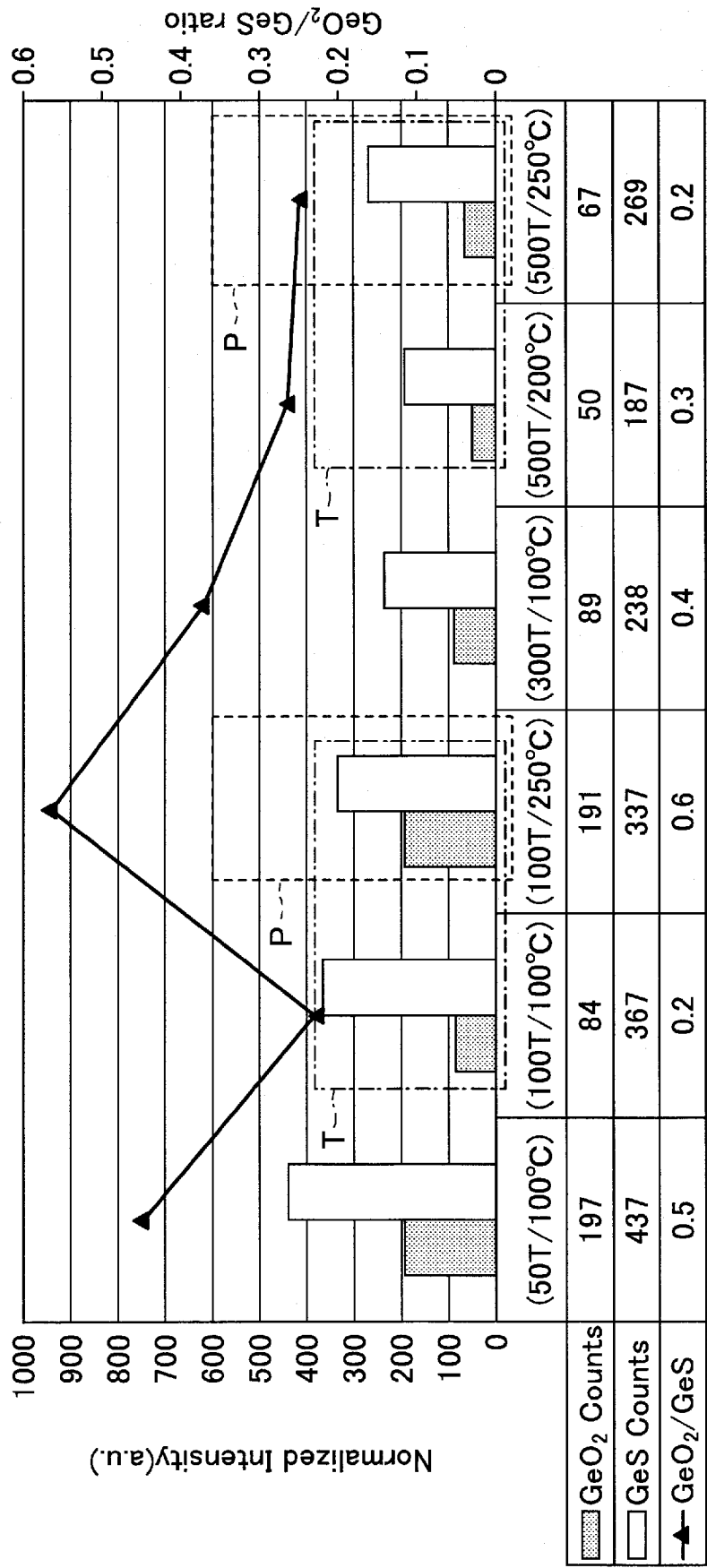
[図9]



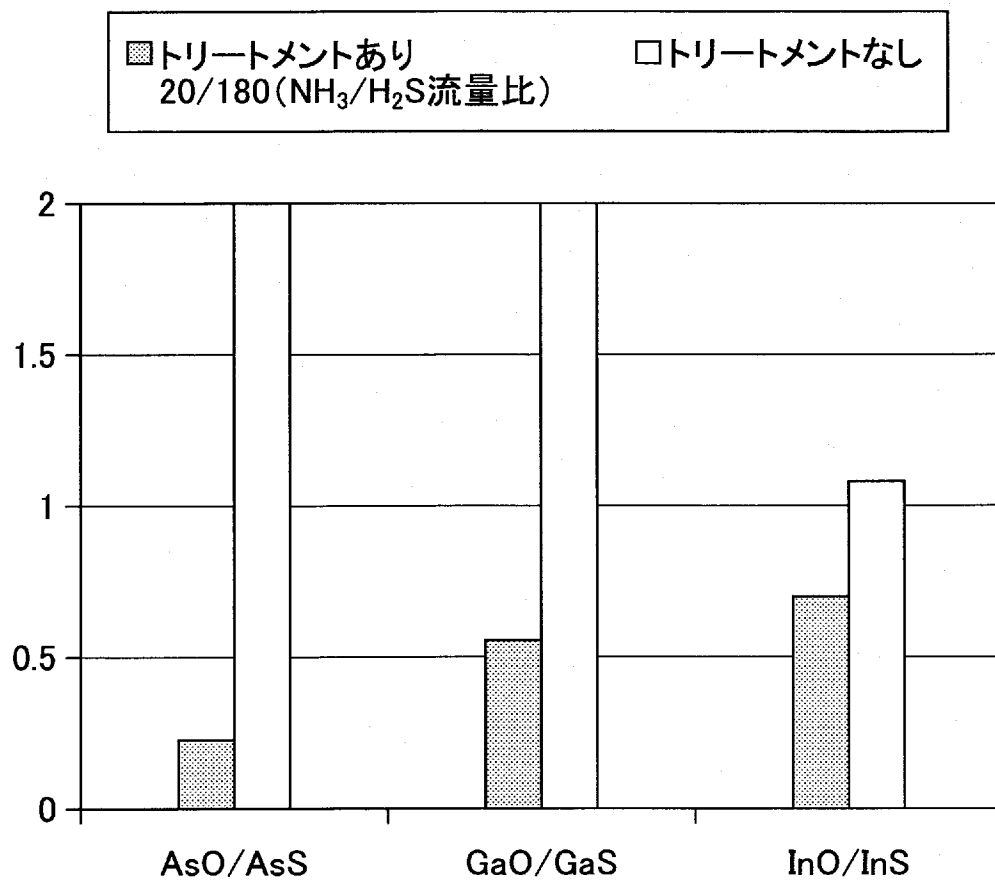
[図10]



[図11]

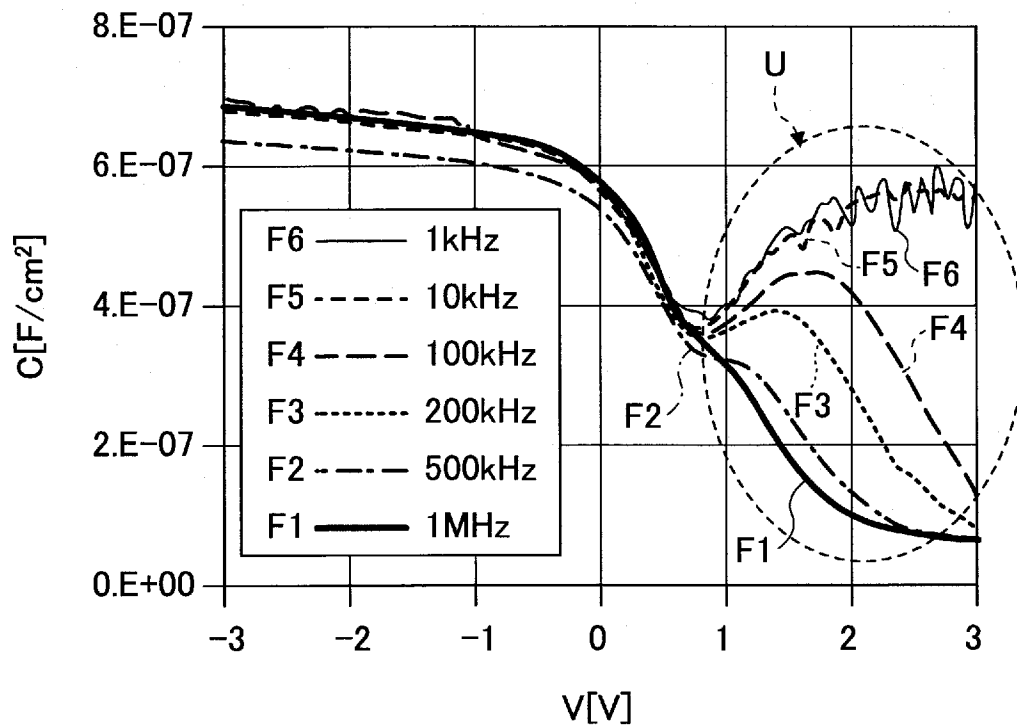


[図12]

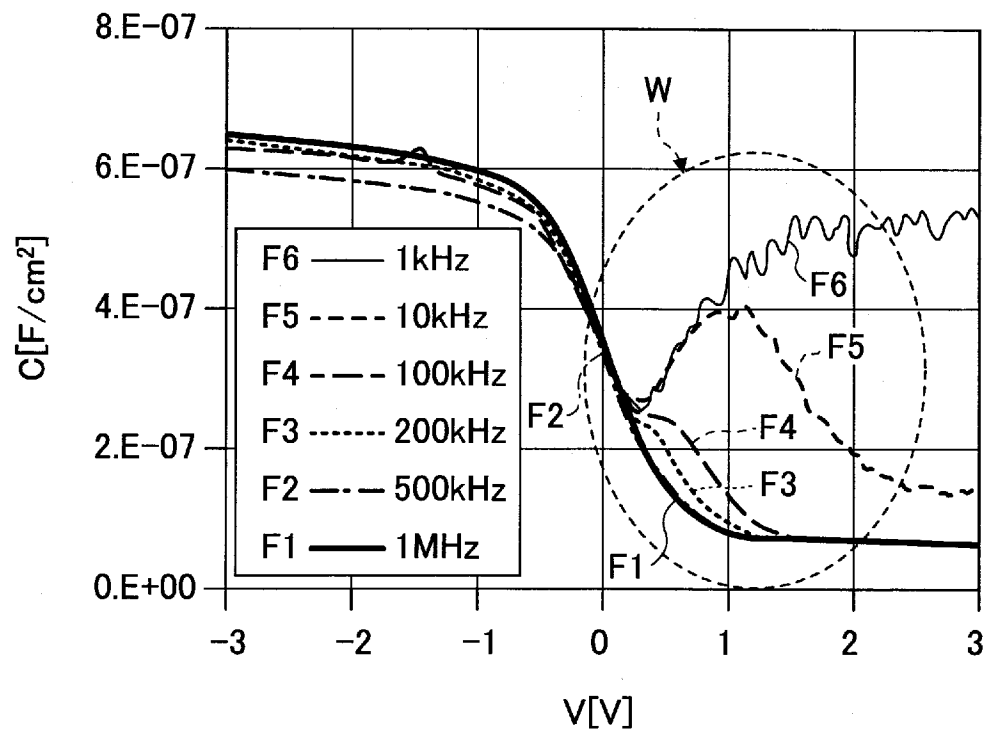


[図13A]

トリートメントなし



[図13B]

トリートメントあり $\text{H}_2\text{S}+\text{NH}_3$ ガス

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/314(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/78(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)

H01L21/314, H01L21/336, H01L29/78

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 58-141576 A (NEC Corp.), 22 August 1983 (22.08.1983), page 1, right column to page 3, upper left column; fig. 1 (Family: none)	1, 3-7 2
Y A	JP 04-236424 A (Hitachi Cable Ltd.), 25 August 1992 (25.08.1992), paragraphs [0008] to [0025]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 3-7 2



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

04 July 2016 (04.07.16)

Date of mailing of the international search report

12 July 2016 (12.07.16)

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/JP2016/061322

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2007-123895 A (International Business Machines Corp.), 17 May 2007 (17.05.2007), paragraphs [0024], [0026] to [0027], [0032] to [0042]; fig. 3 to 5 & US 2007/0093074 A1 paragraphs [0040], [0042] to [0043], [0048] to [0058] & CN 1956147 A	7 1-6
X A	JP 2011-091394 A (IMEC), 06 May 2011 (06.05.2011), paragraphs [0079] to [0135]; fig. 1, 6 & US 2011/0089469 A1 paragraphs [0114] to [0179] & EP 2306497 A1	7 1-6
P, X	WO 2016/007733 A1 (TOKYO ELECTRON LTD.), 14 January 2016 (14.01.2016), paragraphs [0003] to [0026]; fig. 1 to 3 & US 2016/0013048 A1	1-7
A	US 2010/0163937 A1 (CLENDENNING et al.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0018] to [0037] & US 2011/0169059 A1	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/314(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/78(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. H01L21/314, H01L21/336, H01L29/78

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で利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 A	JP 58-141576 A（日本電気株式会社） 1983.08.22, 第1頁右欄-第3頁左上欄, 第1図 (ファミリーなし)	1, 3-7 2
Y A	JP 04-236424 A（日立電線株式会社） 1992.08.25, 段落[0008]-[0025], 図1-4 (ファミリーなし)	1, 3-7 2

☒ 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

04.07.2016

国際調査報告の発送日

12.07.2016

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100-8915

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）

長谷川 直也

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

50

4549

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
X A	JP 2007-123895 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・ コーポレーション) 2007.05.17, 段落[0024], [0026]-[0027], [0032]-[0042], 図 3-5 & US 2007/0093074 A1, 段落[0040], [0042]-[0043], [0048]-[0058] & CN 1956147 A	7 1-6
X A	JP 2011-091394 A (アイメック) 2011.05.06, 段落[0079]-[0135], 図 1, 6 & US 2011/0089469 A1, 段落[0114]-[0179] & EP 2306497 A1	7 1-6
P, X	WO 2016/007733 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 2016.01.14, 段落[0003]-[0026], 図 1-3 & US 2016/0013048 A1	1-7
A	US 2010/0163937 A1 (CLENDENNING et al.) 2010.07.01, 段落[0018]-[0037] & US 2011/0169059 A1	1-7