

(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5月26日(26.05.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/079983 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/302 (2006.01) C30B 33/12 (2006.01)
C30B 29/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005742
- (22) 国際出願日: 2015年11月17日(17.11.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-233631 2014年11月18日(18.11.2014) JP
- (71) 出願人: 東洋炭素株式会社(TOYO TANSO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5550011 大阪府大阪市西淀川区竹島5丁目7番12号 Osaka (JP). 学校法人関西学院(KWANSEI GAKUIN EDUCATIONAL FOUNDATION) [JP/JP]; 〒6628501 兵庫県西宮市上ヶ原一番町1番155号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 鳥見 聡(TORIMI, Satoshi); 〒7691612 香川県観音寺市大野原町中姫2181-2 東洋炭素株式会社内 Kagawa (JP). 篠原 正人(SHINO-

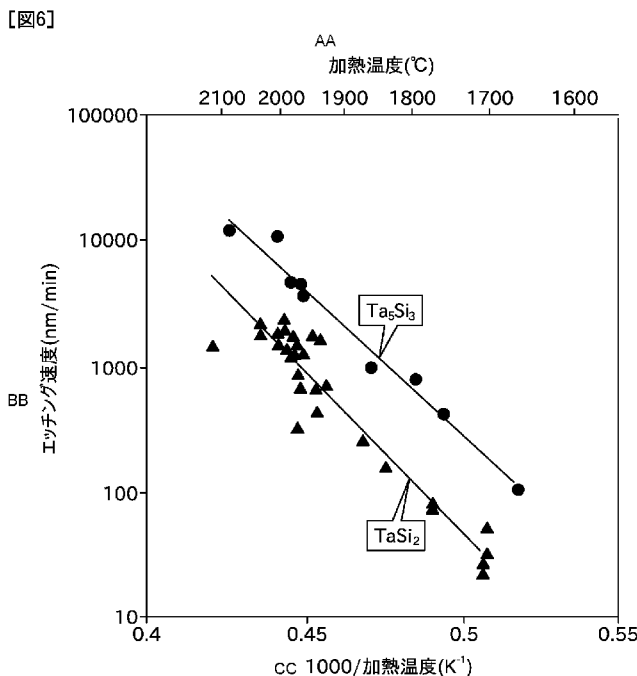
HARA, Masato); 〒7691612 香川県観音寺市大野原町中姫2181-2 東洋炭素株式会社内 Kagawa (JP). 寺元 陽次(TERAMOTO, Youji); 〒7691612 香川県観音寺市大野原町中姫2181-2 東洋炭素株式会社内 Kagawa (JP). 矢吹 紀人(YABUKI, Norihito); 〒7691612 香川県観音寺市大野原町中姫2181-2 東洋炭素株式会社内 Kagawa (JP). 野上 暁(NOGAMI, Satoru); 〒7691612 香川県観音寺市大野原町中姫2181-2 東洋炭素株式会社内 Kagawa (JP). 金子 忠昭(KANEKO, Tadaaki); 〒6691337 兵庫県三田市学園二丁目一番地関西学院大学理工学部内 Hyogo (JP). 芦田 晃嗣(ASHIDA, Koji); 〒6691337 兵庫県三田市学園二丁目一番地関西学院大学理工学部内 Hyogo (JP). 久津間 保徳(KUTSUMA, Yasunori); 〒6691337 兵庫県三田市学園二丁目一番地関西学院大学理工学部内 Hyogo (JP).

- (74) 代理人: 桂川 直己(KATSURAGAWA, Naoki); 〒5300012 大阪府大阪市北区芝田2-2-17 和光ビル 桂川国際特許事務所 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: ETCHING METHOD FOR SiC SUBSTRATE AND HOLDING CONTAINER

(54) 発明の名称: SiC基板のエッチング方法及び收容容器



AA Heating temperature (°C)
 BB Etching speed (nm/min)
 CC 1000/heating temperature (K⁻¹)

(57) Abstract: Provided is a method for controlling the etching speed of a SiC substrate on the basis of the composition of a holding container. This etching method is for etching a SiC substrate by heating the SiC substrate under Si vapor pressure, in a state where the substrate is held in a crucible. The crucible is configured so as to contain tantalum metal, and is provided with a tantalum carbide layer closer to the inner space side than the tantalum metal, and is provided with a tantalum silicide layer, even closer to the inner space side than the tantalum carbide layer. The etching speed of the SiC substrate is controlled on the basis of differences in the composition of the tantalum silicide layer.

(57) 要約: 收容容器の組成に基づいてSiC基板のエッチング速度を制御する方法を提供する。本発明のエッチング方法は、坩堝にSiC基板を收容した状態でSiの蒸気圧下で加熱することでSiC基板をエッチングする。坩堝は、タンタル金属を含んで構成されるとともに、当該タンタル金属よりも内部空間側にタンタルカーバイド層が設けられ、当該タンタルカーバイド層よりも更に内部空間側にタンタルシリサイド層が設けられている。そして、タンタルシリサイド層の組成の違いに基づいてSiC基板のエッチング速度が制御される。

WO 2016/079983 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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：SiC基板のエッチング方法及び収容容器

技術分野

[0001] 本発明は、主として、内部空間側にタンタルシリサイド層が設けられた収容容器を用いてSiC基板をエッチングする方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、SiC基板を収容容器に収容し、この収容容器内を高純度のSi蒸気圧にした状態で加熱を行うことで、SiC基板の表面をエッチングする方法が知られている（Si蒸気圧エッチング）。特許文献1及び2は、この種の技術を開示する。

[0003] 特許文献1では、収容容器内をSi蒸気圧にするために、収容容器内にSiペレット（固体のSi）を配置する方法が開示されている。また、特許文献2では、収容容器内をSi蒸気圧にするために、収容容器の内側の壁面にSiを固着させる方法が開示されている。

[0004] ここで、特許文献1の方法では、Siの圧力分布にバラツキが発生する可能性がある。また、特許文献2の方法では、例えば収容容器の上側の壁面に固着したSiが溶融してSiC基板に落下する可能性がある。

[0005] 以上を考慮し、特許文献3では、収容容器の内部空間側をタンタルシリサイド層で構成し、このタンタルシリサイド層をSi蒸気の供給源とする方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2011-233780号公報

特許文献2：特開2008-230944号公報

特許文献3：特開2014-103180号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、近年では、エッチング速度の制御が重要視されている。例えば、SiC基板を加熱することでステップバンチングが発生することがあるが、このステップバンチングを除去できるか否かはエッチング速度に依存することが知られている。ここでSi蒸気圧エッチングをSiC製造プロセスに適用するにあたり、エピタキシャル成長に供するSiC基板の加工工程及びイオン注入されたエピタキシャル成長層を有するSiC基板の活性化アニール工程におけるSiC基板のエッチング速度に関する技術的課題について説明する。

[0008] まず、エピタキシャル成長に供するSiC基板の加工工程について説明する。SiC基板はインゴットを所定の厚みに切り出すことで得られる。インゴットよりSiC基板を切り出した状態では表面粗さが大きいので、機械研磨(MP)及び化学機械研磨(CMP)等の加工工程を行って表面を平坦にする必要がある。しかし、機械研磨及び化学機械研磨等を行うことにより、SiC基板の表面に残存する研磨傷は略除去されるが、一部の深い研磨傷や機械研磨時及び化学機械研磨時等にSiC基板の表面に圧力が掛かることにより形成する結晶性が乱れた変質層(以下、潜傷)が残存しうる。この研磨傷や潜傷は、場合によっては数十 μm の深さに及ぶ可能性もあり、その様な傷を効率良く除去するためにはエッチング速度を速くすることが望まれる。

[0009] また、イオン注入されたエピタキシャル成長層を有するSiC基板の活性化アニール工程においては、イオンとして注入された不純物(以下、ドーパント)がSiC結晶格子位置に置換(活性化)される十分な高温を与えるとともに、SiC基板の表面から所定の深さまで存在するドーパント濃度が不足しているドーパント不足部分(約数十から数百nmオーダー)をエッチングによって精密に除去する必要がある。しかし、SiC基板を過剰にエッチングするとドーパント濃度が十分である部分も除去されてしまう。従って、イオン注入されたエピタキシャル成長層を有するSiC基板に対しては、ステップバンチングの発生しないエッチング速度においてエッチング深さを正確に制御する必要があるため、エッチング速度を適切に遅くすることが好まし

い。

[0010] なお、エッチング速度に関連するパラメータとしては、加熱温度、Siの圧力、及び不活性ガスの圧力等が知られている。しかし、これらのパラメータを制御することで、エッチング速度以外に影響が及ぶことも考えられるため、様々な方法でエッチング速度を制御できることが好ましい。

[0011] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その主要な目的は、収容容器の組成に基づいてSiC基板のエッチング速度を制御するエッチング方法を提供することにある。

課題を解決するための手段及び効果

[0012] 本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

[0013] 本発明の第1の観点によれば、以下のSiC基板のエッチング方法が提供される。即ち、このエッチング方法は、収容容器にSiC基板を収容した状態で当該SiC基板をSiの蒸気圧下で加熱することで当該SiC基板をエッチングする。前記収容容器は、タンタル金属を含んで構成されるとともに、当該タンタル金属よりも内部空間側にタンタルカーバイド層が設けられ、当該タンタルカーバイド層よりも更に内部空間側にタンタルシリサイド層が設けられている。そして、前記タンタルシリサイド層の組成の違いに基づいて前記SiC基板のエッチング速度が制御される。

[0014] これにより、加熱温度及びSiの圧力等を変更することなくSiC基板のエッチング速度を制御することができる。

[0015] 前記のSiC基板のエッチング方法においては、前記タンタルシリサイド層は、 $TaSi_2$ 、 Ta_5Si_3 、 Ta_2Si 、 Ta_3Si 、 $Ta_5Si_3C_{0.5}$ の何れかを含むことが好ましい。

[0016] これにより、TaとSiから構成される一般的な化合物を用いて、エッチング速度を制御することができる。

[0017] 前記のSiC基板のエッチング方法においては、前記タンタルシリサイド層の組成が互いに異なる少なくとも2つの前記収容容器を用い、実施する処

理に応じて前記収容容器を使い分けることが好ましい。

[0018] これにより、収容容器を変更するだけで、温度条件等を変更することなく、要求エッチング速度が異なる処理を実施することができる。

[0019] 前記のSiC基板のエッチング方法においては、以下のようにすることが好ましい。即ち、高速エッチングと低速エッチングとを実施可能である。高速エッチングを行う場合は、前記タンタルシリサイド層を構成する化合物の1分子に占めるタンタルの割合が高い方の前記収容容器を用いる。低速エッチングを行う場合は、前記タンタルシリサイド層を構成する化合物の1分子に占めるタンタルの割合が低い方の前記収容容器を用いる。

[0020] これにより、タンタルの割合が高い場合は雰囲気中の炭素原子が吸収され易いためエッチング速度が速くなる。従って、上記のように収容容器を使い分けることで、適切な速度でエッチングを行うことができる。

[0021] 本発明の第2の観点によれば、前記のSiC基板のエッチング方法で用いられる収容容器が提供される。

[0022] これにより、加熱温度及びSiの圧力等を変更することなくSiC基板のエッチング速度を制御可能な収容容器が実現できる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明のエッチング方法に用いる高温真空炉の概要を説明する図。

[図2]低速エッチング用の坩堝の壁面の構成及び坩堝のX線回折パターンを示す図。

[図3]高速エッチング用の坩堝の壁面の構成及び坩堝のX線回折パターンを示す図。

[図4]Si及びSi化合物の温度に応じた分圧の変化を示すグラフ。

[図5]坩堝が有する炭素吸着機能を説明する概略図。

[図6]内壁面がTaSi₂の坩堝を用いた場合と内壁面がTa₃Si₅の坩堝を用いた場合のエッチング速度を比較するグラフ。

[図7]エッチングを行う際の不活性ガスの圧力（即ちエッチング速度）を変えてエッチングを行ったときにおけるSiC基板の表面の顕微鏡写真及び表面

粗さを示す図。

[図8] SiC基板の表面からの深さに応じたドーパント濃度、特にドーパント不足部分を示すグラフ。

[図9] Ta-C-Siのフェーズダイヤグラム。

発明を実施するための形態

[0024] 次に、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。初めに、図1を参照して、本実施形態の加熱処理で用いる高温真空炉10について説明する。

[0025] 図1に示すように、高温真空炉10は、本加熱室21と、予備加熱室22と、を備えている。本加熱室21は、少なくとも表面が単結晶SiCで構成されるSiC基板40（単結晶SiC基板）を1000℃以上2300℃以下の温度に加熱することができる。予備加熱室22は、SiC基板40を本加熱室21で加熱する前に予備加熱を行うための空間である。

[0026] 本加熱室21には、真空形成用バルブ23と、不活性ガス注入用バルブ24と、真空計25と、が接続されている。真空形成用バルブ23は、本加熱室21の真空度を調整することができる。不活性ガス注入用バルブ24は、本加熱室21内の不活性ガス（例えばArガス）の圧力を調整することができる。真空計25は、本加熱室21内の真空度を測定することができる。

[0027] 本加熱室21の内部には、ヒータ26が備えられている。また、本加熱室21の側壁や天井には図略の熱反射金属板が固定されており、この熱反射金属板は、ヒータ26の熱を本加熱室21の中央部に向けて反射させるように構成されている。これにより、SiC基板40を強力かつ均等に加熱し、1000℃以上2300℃以下の温度まで昇温させることができる。なお、ヒータ26としては、例えば、抵抗加熱式のヒータや高周波誘導加熱式のヒータを用いることができる。

[0028] また、SiC基板40は、坩堝（收容容器）30に收容された状態で加熱される。坩堝30は、適宜の支持台等に載せられており、この支持台が動くことで、少なくとも予備加熱室から本加熱室まで移動可能に構成されている。坩堝30は、互いに嵌合可能な上容器31と下容器32とを備えている。

なお、坩堝30の詳細な構成については後述する。

[0029] SiC基板40を加熱処理する際には、初めに、図1の鎖線で示すように坩堝30を高温真空炉10の予備加熱室22に配置して、適宜の温度（例えば約800℃）で予備加熱する。次に、予め設定温度（例えば、約1800℃）まで昇温させておいた本加熱室21へ坩堝30を移動させる。その後、圧力等を調整しつつSiC基板40を加熱する。なお、予備加熱を省略しても良い。

[0030] 次に、坩堝30の壁面の組成及びタンタルシリサイド層の形成方法について図2及び図3を参照して説明する。

[0031] 坩堝30は、SiC基板40が収容される内部空間の壁面（上面、側面、底面）を構成する部分において、図2に示す構成となっている。具体的には坩堝30は、外部側から内部空間側の順に、タンタル層（Ta）、タンタルカーバイド層（TaC及びTa₂C）、及びタンタルシリサイド層（TaSi₂又はTa₅Si₃等）から構成されている。

[0032] このタンタルシリサイド層は、内部空間にSiを供給する。また、坩堝30にはタンタル層及びタンタルカーバイド層が含まれるため、周囲のC蒸気を取り込むことができる。これにより、内部空間内を高純度のSi雰囲気とすることができる。

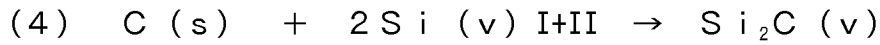
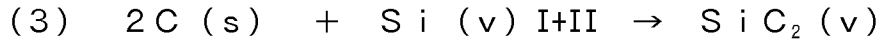
[0033] タンタル層及びタンタルカーバイド層からなる坩堝は従来から知られている。本実施形態では、この坩堝にタンタルシリサイド層を形成する。具体的には、予め高温下で気化させたSiを坩堝の内部空間に配置し、例えば10Pa以下の減圧下で1800℃で15分加熱することで、図2（a）に示すように、TaSi₂を組成とするタンタルシリサイド層が形成される。図2（b）は、上記のようにして作成したタンタルシリサイド層のX線回折パターンを示す。図2（b）において丸印が付されたピークはタンタルカーバイドを示しており、その他のピークはTaSi₂を示している。このように、上記の方法でタンタルシリサイド層を形成することにより、TaSi₂が十分に形成されることが分かる。

[0034] タンタルシリサイド層としては、 $TaSi_2$ 以外にも Ta_5Si_3 を形成することができる（図3（a）を参照）。この場合、上記と同様に気化させたSiを坩堝の内部空間に導入し、例えば10Pa以下の減圧下で2000℃で15分加熱する。図3（b）は、上記のようにして作成したタンタルシリサイド層のX線回折パターンを示す。図3（b）において丸印が付されたピークはタンタルカーバイドを示しており、その他のピークは Ta_5Si_3 を示している。このように、上記の方法でタンタルシリサイド層を形成することにより、 Ta_5Si_3 が十分に形成されることが分かる。

[0035] 図4には、Si、SiC、 $TaSi_2$ 、及び Ta_5Si_3 のSi蒸気圧の分圧を示すグラフが示されている。図4からは、 $TaSi_2$ 及び Ta_5Si_3 から供給されるSi蒸気圧が非常に高い圧力を示していることが分かる。従って、タンタルシリサイド層は、坩堝30の内部空間へのSiの供給源となることは明らかである。また、タンタルシリサイド層は、内部空間を構成する壁面の全体にわたって形成される。これにより、内部空間のSiの圧力分布を均一にすることができる。従って、SiC基板40を均一にエッチングすることができる。

[0036] 次に、本実施形態で行われるSi蒸気圧エッチング（以下、単にエッチングと称する）について説明するとともに、組成が異なる坩堝30を用いた場合のエッチング速度の違いについて図5及び図6を参照して説明する。

[0037] 本実施形態では、SiC基板40を坩堝30に収容し、高純度のSi蒸気圧下で1500℃以上2200℃以下、望ましくは1600℃以上2000℃以下の温度範囲で高温真空炉10を用いて加熱することでSiC基板40の表面がエッチングされる。このエッチングの際には、以下に示す反応が行われる。簡単に説明すると、SiC基板40がSi蒸気圧下で加熱されることで、熱分解によってSiCからSi蒸気が脱離する。また、タンタルシリサイド層からSi蒸気が供給される。熱分解によってSi蒸気が脱離することで残存したCは、Si蒸気と反応することで、 Si_2C 又は SiC_2 等になって昇華する。



[0038] 上記の反応が継続すると、式(3)及び式(4)で発生する SiC_2 及び Si_2C が過剰となる結果、式(1)から(4)の反応速度が低下してしまう。しかし、本実施形態では、図2に示す坩堝30が用いられている場合は、 SiC_2 と TaSi_2 が反応することで TaC と Si が発生する。また、図3に示す坩堝30が用いられている場合は、 SiC_2 と Ta_5Si_3 が反応することで Ta_2C と TaSi_2 が発生する。このように、 SiC_2 に含まれるCが坩堝30のタンタルに取り込まれる(図5を参照)。また、 Si が発生した場合、この Si は、再び SiC 基板40に残存したC原子を除去する反応に用いられる。以上により、反応速度を低下させることなくエッチングを継続することができる。

[0039] 以上を考慮すると、エッチング速度は、 SiC_2 及び Si_2C がC原子を取り込む速度と密接に関係すると考えられる。従って、タンタルシリサイド層を構成する化合物に含まれるタンタルの物質量の割合が高いほど、エッチング速度が速くなると考えられる。また、 SiC_2 と TaSi_2 の反応の圧平衡定数は、 SiC_2 と Ta_5Si_3 の反応の圧平衡定数よりも小さい。以上により、タンタルシリサイド層が TaSi_2 の坩堝30を用いた場合のエッチング速度は、タンタルシリサイド層が Ta_5Si_3 の坩堝30を用いた場合のエッチング速度よりも遅いと考えられる。

[0040] 図6は、タンタルシリサイド層が TaSi_2 の坩堝30と、タンタルシリサイド層が Ta_5Si_3 の坩堝30と、を用いて、オフ角が 4° の 4H-SiC の(0001)面を、高真空下(10^{-4}Pa)で 1650°C から 2100°C でエッチングしたときの結果を示す図である。図6のグラフからは、 TaSi_2 を含む坩堝30の方が Ta_5Si_3 を含む坩堝30よりもエッチング速度が大幅に遅いことが確かめられる。

[0041] このように、本実施形態では、タンタルシリサイド層の組成が異なる坩堝 30 を使い分けることで、加熱温度等を変更することなくエッチング速度を容易に変化させることができる。以下、坩堝 30 を使い分ける具体的な状況について説明する。

[0042] 出願人らの実験によれば、エッチング速度を所定の閾値以上にすることでステップバンチングが除去され、エッチング速度が所定の閾値より小さい場合は、たとえ長時間エッチングを行った場合でもステップバンチングを除去できないことが確かめられている。図 7 は、エッチングを行う際の不活性ガス (Ar ガス) の圧力 (即ちエッチング速度) を変えてエッチングを行った場合における SiC 基板 40 の表面の顕微鏡写真及び表面粗さを示す図である。図 7 に示すように、本実験の条件下では、不活性ガスの圧力が 1.3 kPa の場合は、表面粗さが高く、顕微鏡写真からもステップバンチングが明らかに残存していることが分かる。不活性ガスの圧力が 133 Pa の場合は、表面粗さが顕著に低下しており、顕微鏡写真からもステップバンチングの一部が除去されていることが分かる。不活性ガスの圧力が 13 Pa と 1.3 Pa の場合及び高真空の場合は、更に表面粗さが低下しており、顕微鏡写真からもステップバンチングが略全て除去できていることが分かる。このように、不活性ガスの圧力 (即ちエッチング速度) に応じて、ステップバンチングが除去されるか否かを選択できる。ステップバンチングが発生していない SiC 基板 40 は、電界の局所集中等が発生しないため、半導体素子としての性能が高い。しかし、ステップバンチングが発生している SiC 基板 40 は、例えば溶液成長法を行う際に、結晶欠陥 (転位) の影響をより一層解消できることが知られている。従って、状況に応じてステップバンチングの発生の有無を切り替えることが好ましい。

[0043] 本実施形態では、坩堝 30 を使い分けるだけでエッチング速度を切り替えることができるので、ステップバンチングが発生していない SiC 基板 40 を製造する場合は、タンタルシリサイド層が Ta₅Si₃ の坩堝 30 を用いてエッチング (高速エッチング) を行えば良い。一方、ステップバンチングが発

生しているSiC基板40を製造する場合は、タンタルシリサイド層がTaSi₂の坩堝30を用いてエッチング（低速エッチング）を行えば良い。

[0044] 次に、坩堝30を使い分ける別の状況を説明する。まず、エピタキシャル成長に供するSiC基板40の加工工程においては、4H-SiC単結晶又は6H-SiC単結晶から構成されるインゴットを所定の厚みに切り出す。その後、切出し時にSiC基板40の表面に形成された凹凸を除去するために、機械研磨及び化学機械研磨等の加工が行われる。この凹凸は高低差がかなり大きいため、高速でSiC基板40を研磨することが求められる。また、機械研磨時等にSiC基板40の表面に圧力が掛かることにより、結晶性が乱れた変質層（以下、潜傷）が場合によっては数十μmの深さに及ぶ可能性もあり、その潜傷を除去する場合も高速でSiC基板40を研磨することが求められる。従って、機械研磨及び化学機械研磨等の代わりや、潜傷を除去するために、タンタルシリサイド層がTa₅Si₃の坩堝30を用いることによって従来よりも簡便にエッチング（高速エッチング）を行うことができる。

[0045] また、イオン注入されたエピタキシャル成長層を有するSiC基板40の活性化アニール工程においては、前記加工工程を経たSiC基板40に対してエピタキシャル層成長、イオン注入、及びイオンとして注入された不純物（以下、ドーパント）の活性化が行われる。そして、ドーパント不足部分の除去、及びイオン注入によって荒れた表面を平坦化するためにエッチングが行われる。具体的に説明すると、ドーパント不足部分は、イオン注入条件によって異なるが、例えばSiC基板40の表面から約数十nmから数百nmの領域に存在する。図8には、SiC基板40の表面からの深さに応じたドーパント濃度の一例が示されており、図8では表面から数十nmまでの部分でドーパント濃度が低く、約500nmより深くなるに従ってドーパント濃度が低下している。従って、ドーパント不足部分を除去しつつ十分なドーパント濃度を有する部分を残すためには、エッチング量を精密に制御する必要があるため、エッチング速度を低速にすることが好ましい。しかし、上述の

ようにエッチング速度が所定の速度より低い場合、ステップバンチングを除去できない。従って、このエッチングは、ドーパントが十分に存在する部分が過剰に除去されることを防止するために、タンタルシリサイド層が $TaSi_2$ の坩堝 30 を用い、かつステップバンチングが発生しない条件のもと精密なエッチング（低速エッチング）を行えば良い。

[0046] これにより、潜傷の除去時とイオン注入後のエッチング時とで、タンタルシリサイド層が異なる坩堝 30 を使うことで、加熱温度等をあまり変化させずに適切なエッチング速度でエッチングを行うことができる。

[0047] 以上に説明したように、本実施形態のエッチング方法は、坩堝 30 に SiC 基板 40 を收容した状態で Si の蒸気圧下で加熱することで SiC 基板 40 をエッチングする。坩堝 30 は、タンタル金属を含んで構成されるとともに、当該タンタル金属よりも内部空間側にタンタルカーバイド層が設けられ、当該タンタルカーバイド層よりも更に内部空間側にタンタルシリサイド層が設けられている。そして、タンタルシリサイド層の組成の違いに基づいて SiC 基板 40 のエッチング速度が制御される。

[0048] これにより、加熱温度及び Si の圧力等を変更することなく SiC 基板 40 のエッチング速度を制御することができる。

[0049] また、本実施形態の SiC 基板 40 のエッチング方法においては、タンタルシリサイド層の組成が互いに異なる（具体的には $TaSi_2$ と Ta_5Si_3 ）少なくとも 2 つの坩堝 30 を用い、実施する処理に応じて坩堝 30 を使い分ける。

[0050] これにより、坩堝 30 を変更するだけで、温度条件等を変更することなく、要求エッチング速度が異なる処理を実施することができる。

[0051] また、本実施形態の SiC 基板 40 のエッチング方法においては、高速エッチングと低速エッチングとを実施可能である。高速エッチングを行う場合は、タンタルシリサイド層を構成する化合物の 1 分子に占めるタンタルの割合が高い方（具体的には Ta_5Si_3 ）の坩堝 30 を用いる。低速エッチングを行う場合は、タンタルシリサイド層を構成する化合物の 1 分子に占めるタン

タルの割合が低い方（具体的には $TaSi_2$ ）の坩堝30を用いる。

[0052] これにより、タンタルの割合が高い場合は雰囲気中の炭素原子が吸収され易いためエッチング速度が速くなる。従って、上記のように坩堝30を使い分けることで、適切な速度でエッチングを行うことができる。

[0053] 以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

[0054] 上記の実施形態ではタンタルシリサイドとして $TaSi_2$ 又は Ta_5Si_3 が形成される構成であるが、他の化学式で表されるタンタルシリサイドが形成されていても良い。例えば、図9のフェーズダイアグラムに示すように、 Ta_2Si 、 Ta_3Si 又は $Ta_5Si_3C_{0.5}$ が形成されていても良い。なお、本明細書では、 $Ta_5Si_3C_{0.5}$ のように他の原子を含んでいてもタンタルシリサイド層に該当するものとする。

[0055] 上記の実施形態では、1つの坩堝30の内壁面の全体にわたって同じ組成のタンタルシリサイドが形成されているが、1つの坩堝30の内壁面に複数の組成のタンタルシリサイドが形成されていても良い。この場合、SiC基板40の表面の一部のみのエッチング速度を速くする又は遅くすることができる。それを考慮して所望の形状のSiC基板40を生成することもできる。

[0056] 上記で説明した温度条件及び圧力条件等は一例であり、適宜変更することができる。また、上述した高温真空炉10以外の加熱装置を用いたり、坩堝30と異なる形状又は素材の容器を用いても良い。例えば、収容容器の外形は円柱状に限られず、立方体状又は直方体状であっても良い。

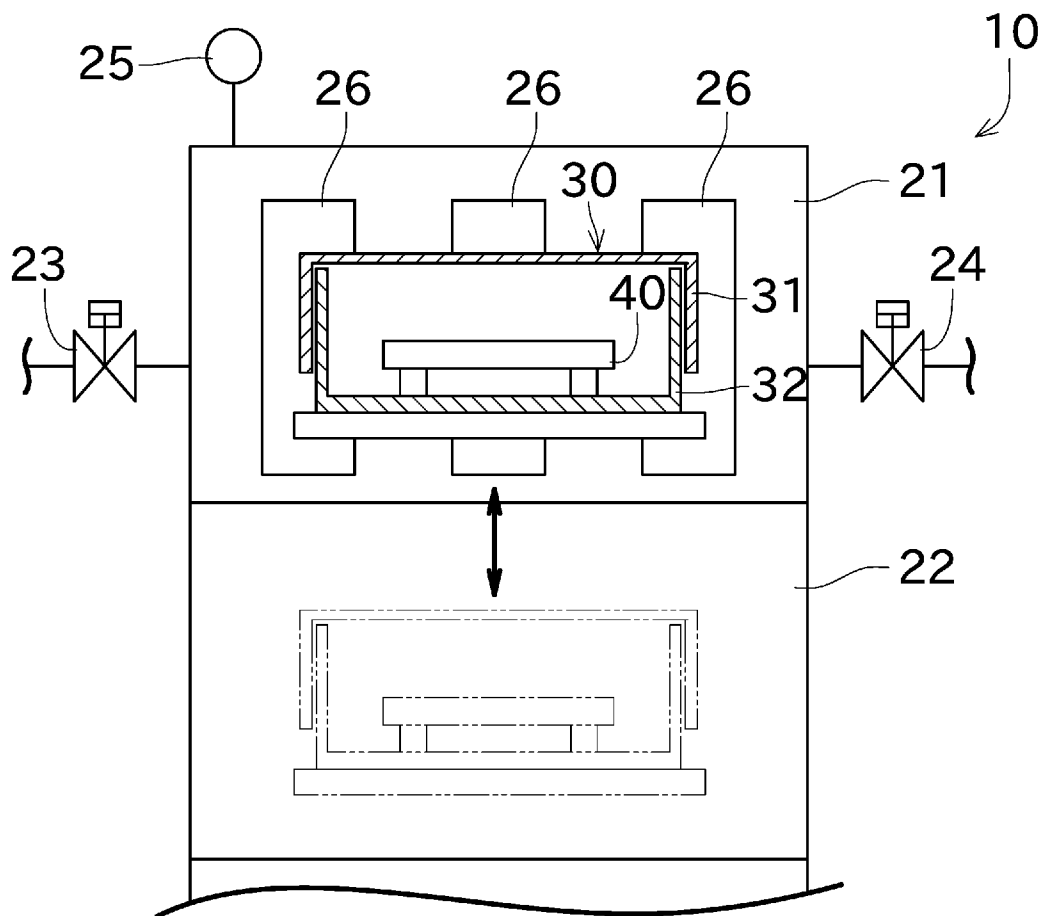
符号の説明

- [0057] 10 高温真空炉
30 坩堝（収容容器）
40 SiC基板

請求の範囲

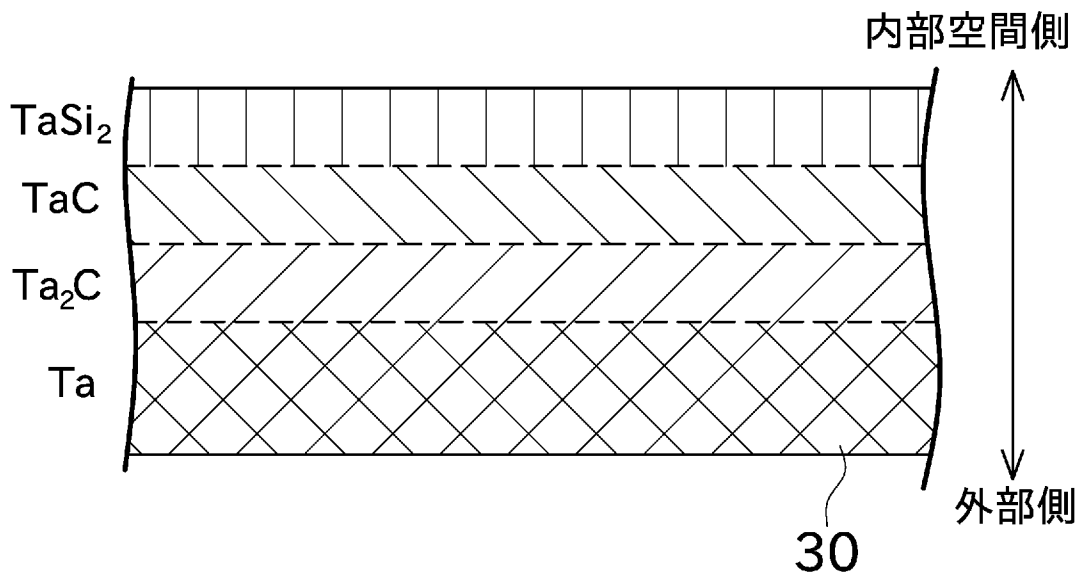
- [請求項1] 収容容器にSiC基板を収容した状態で当該SiC基板をSiの蒸気圧下で加熱することで当該SiC基板をエッチングするエッチング方法において、
- 前記収容容器は、タンタル金属を含んで構成されるとともに、当該タンタル金属よりも内部空間側にタンタルカーバイド層が設けられ、当該タンタルカーバイド層よりも更に内部空間側にタンタルシリサイド層が設けられており、前記タンタルシリサイド層の組成の違いに基づいて前記SiC基板のエッチング速度が制御されることを特徴とするSiC基板のエッチング方法。
- [請求項2] 請求項1に記載のSiC基板のエッチング方法であって、
- 前記タンタルシリサイド層は、 $TaSi_2$ 、 Ta_5Si_3 、 Ta_2Si 、 Ta_3Si 、 $Ta_5Si_3C_{0.5}$ の何れかを含むことを特徴とするSiC基板のエッチング方法。
- [請求項3] 請求項1に記載のSiC基板のエッチング方法であって、
- 前記タンタルシリサイド層の組成が互いに異なる少なくとも2つの前記収容容器を用い、実施する処理に応じて前記収容容器を使い分けられることを特徴とするSiC基板のエッチング方法。
- [請求項4] 請求項3に記載のSiC基板のエッチング方法であって、
- 高速エッチングと低速エッチングとを実施可能であり、
- 高速エッチングを行う場合は、前記タンタルシリサイド層を構成する化合物の1分子に占めるタンタルの割合が高い方の前記収容容器を用い、
- 低速エッチングを行う場合は、前記タンタルシリサイド層を構成する化合物の1分子に占めるタンタルの割合が低い方の前記収容容器を用いることを特徴とするSiC基板のエッチング方法。
- [請求項5] 請求項1に記載のSiC基板のエッチング方法で用いられることを特徴とする収容容器。

[図1]

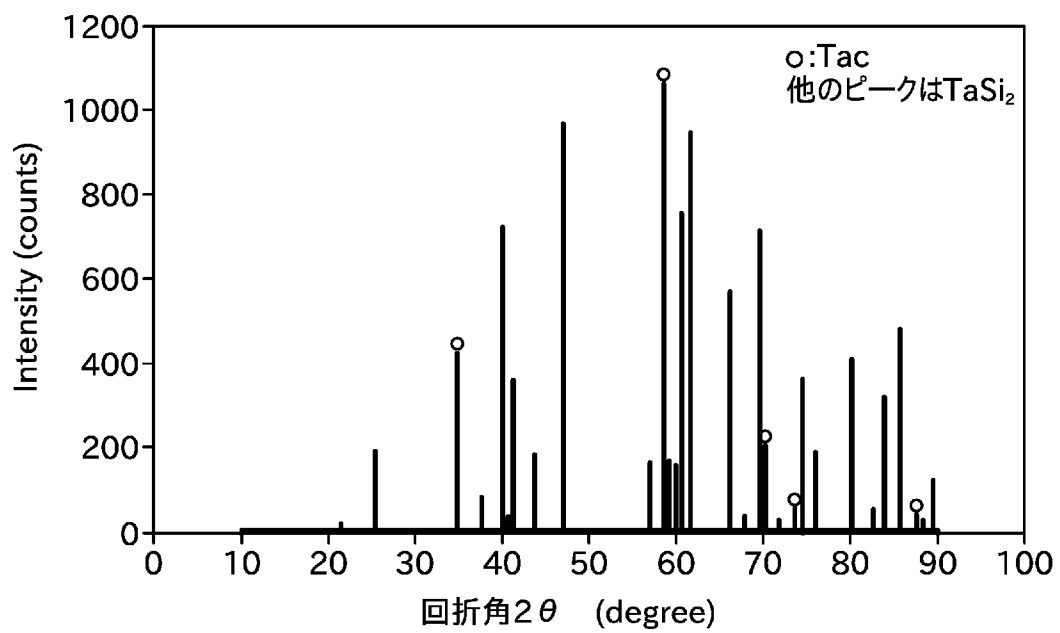


[図2]

(a)

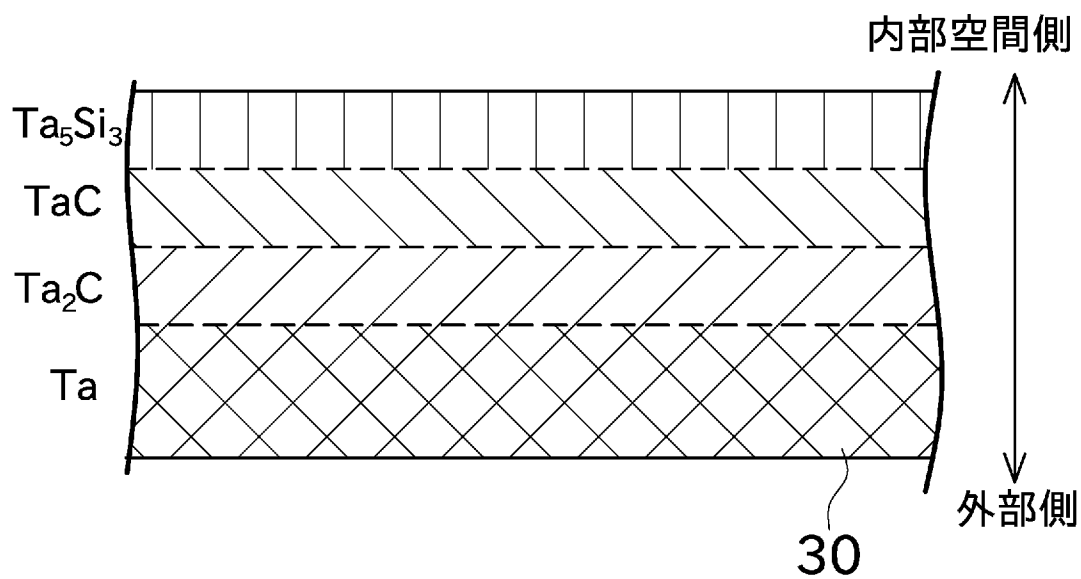


(b)

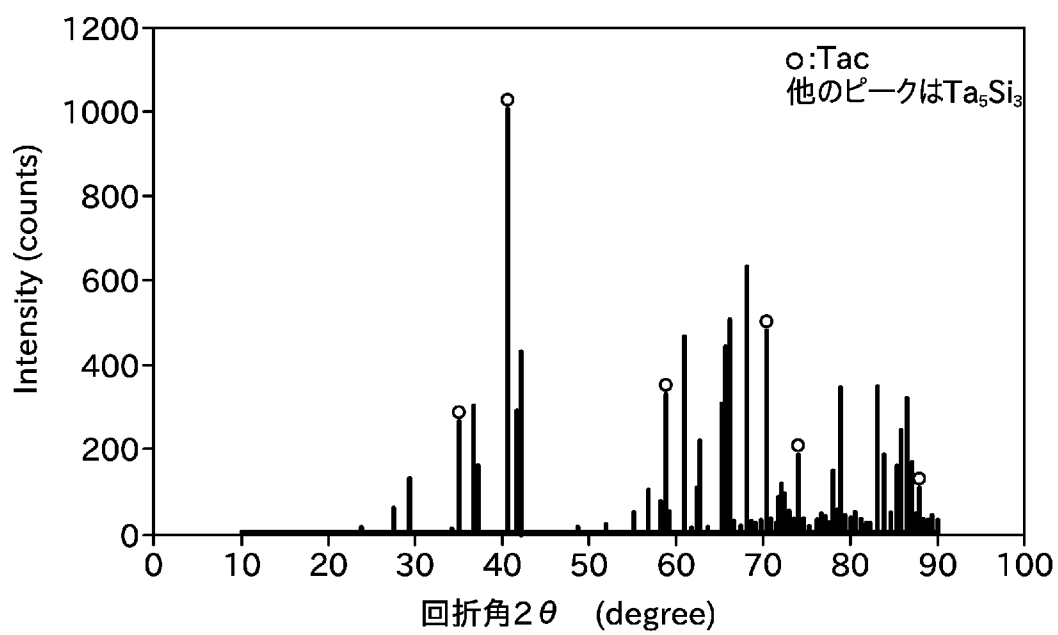


[図3]

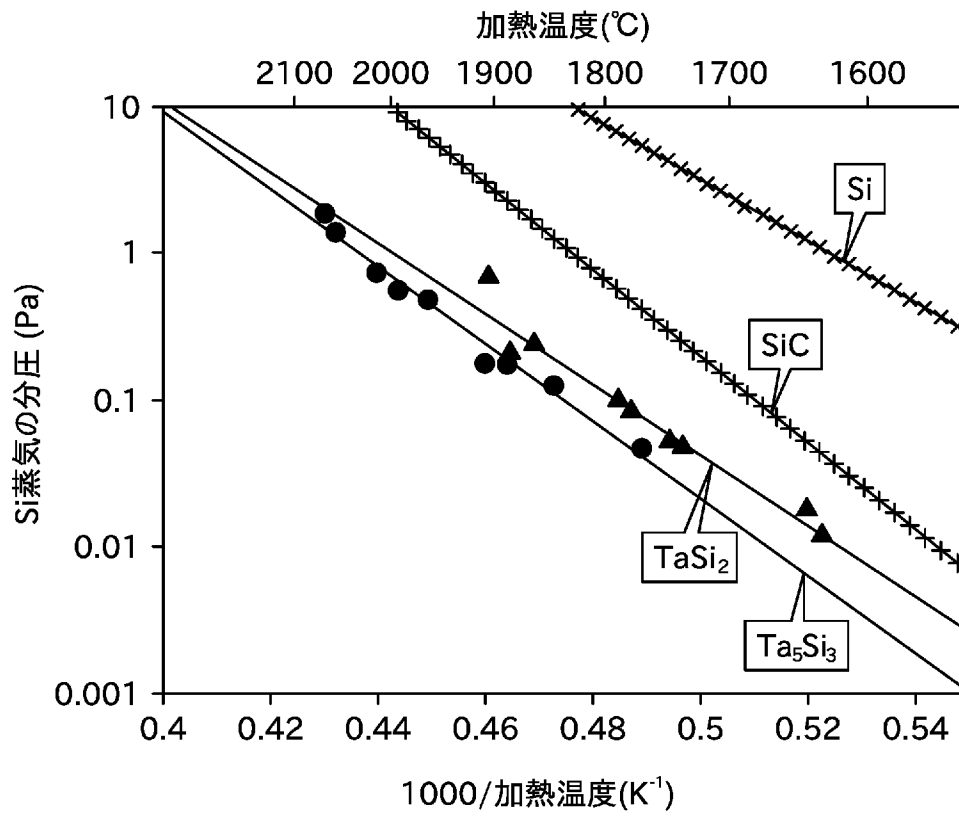
(a)



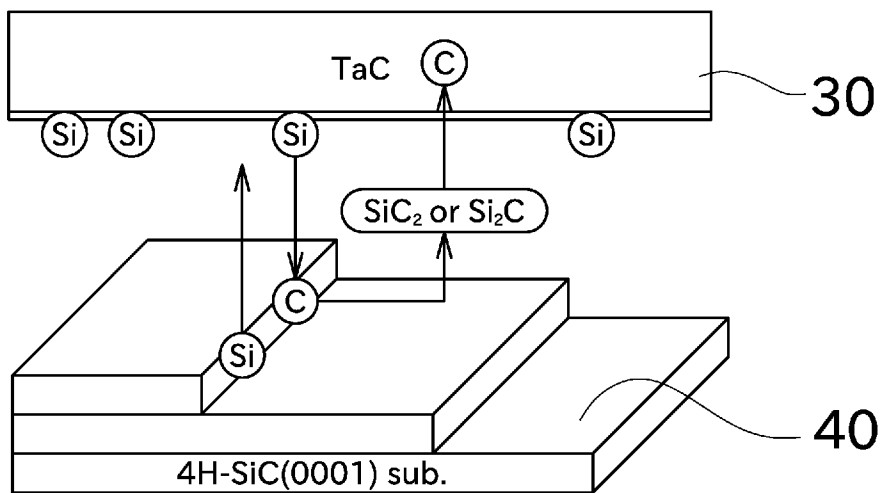
(b)



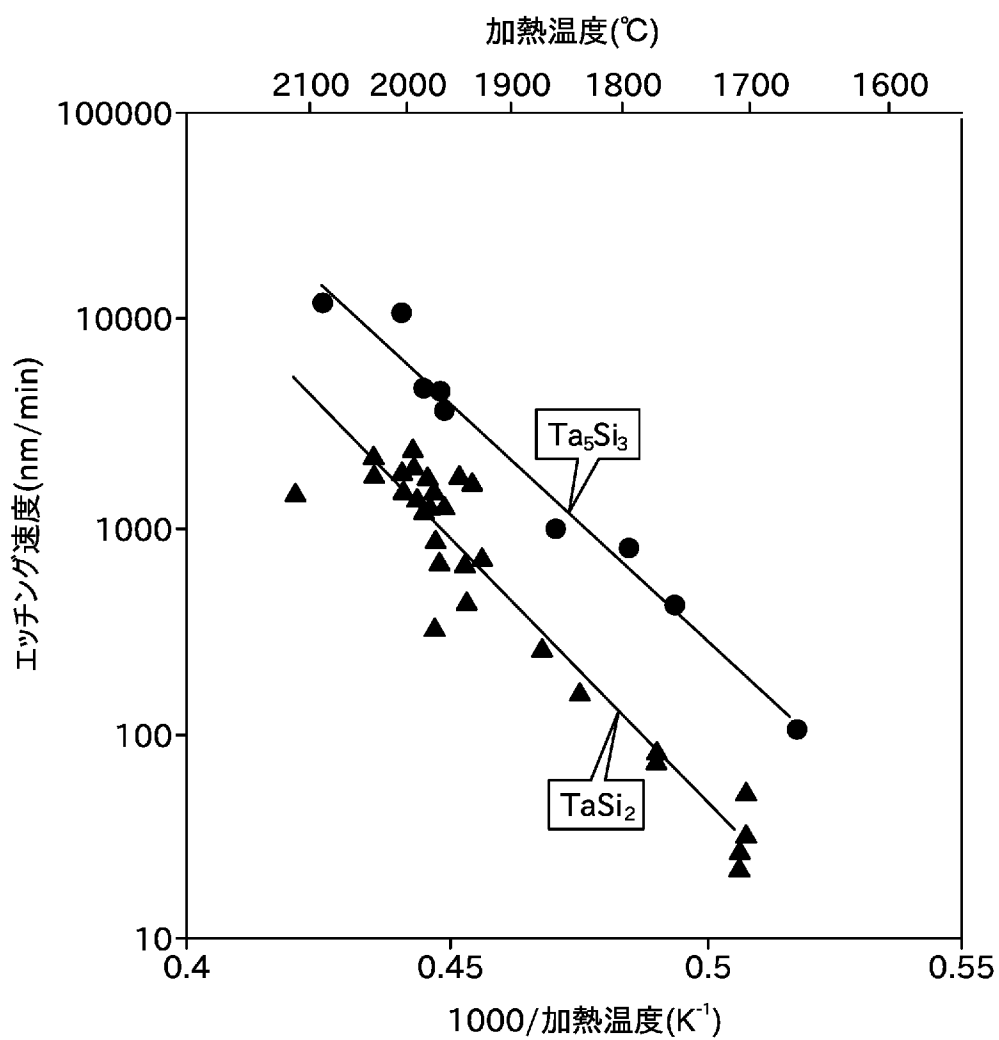
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

加熱温度: 1800°C
処理時間: 15min

高真空(従来)
約10⁻⁴Pa

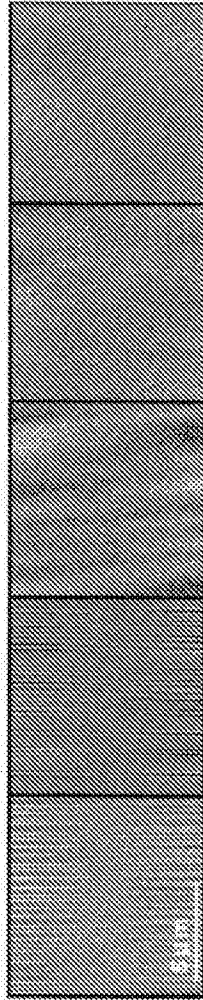
Ar圧力
1.3Pa

Ar圧力
13Pa

Ar圧力
133Pa

Ar圧力
1.3kPa

未処理



0.450nm

0.495nm

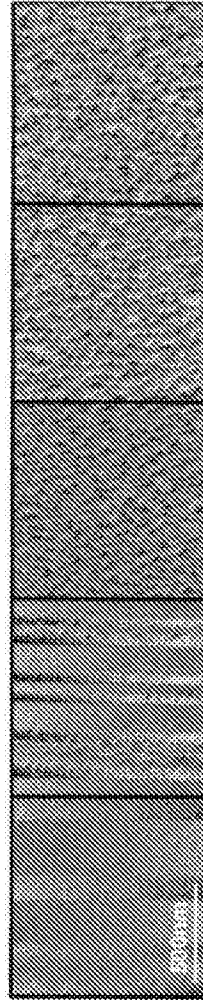
0.513nm

1.120nm

1.730nm

3.058nm

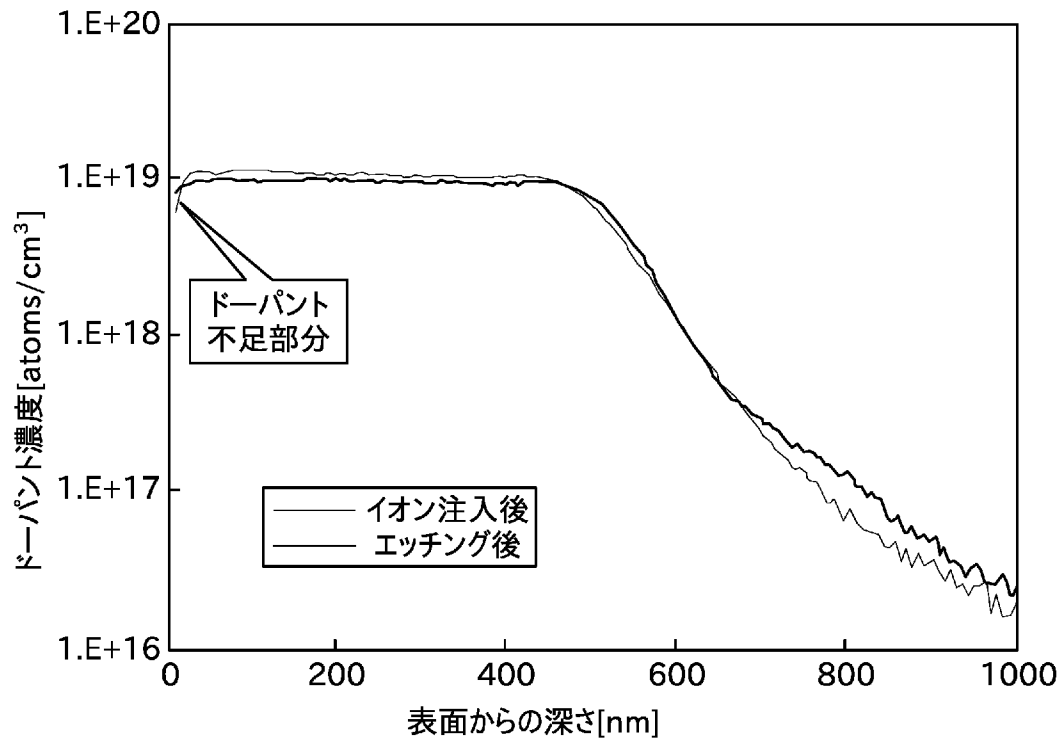
表面粗さ(Ra)



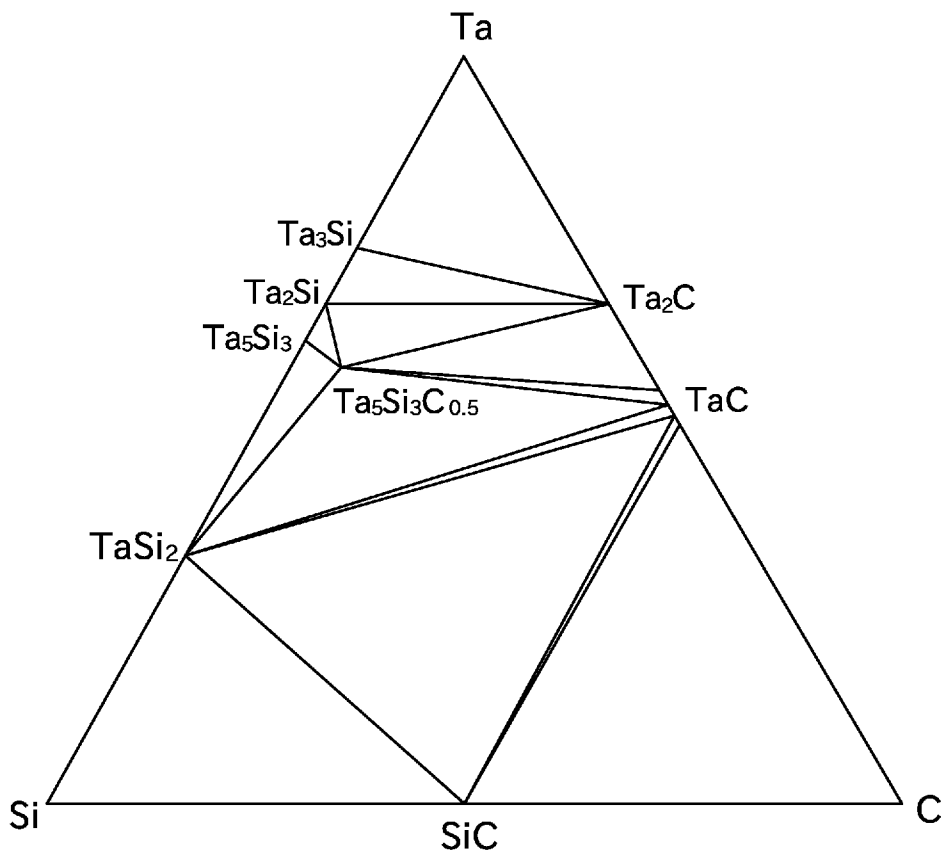
顕微鏡写真
(拡大)

顕微鏡写真

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005742

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/302(2006.01)i, C30B29/36(2006.01)i, C30B33/12(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)
H01L21/302, C30B29/36, C30B33/12

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.
A	WO 2014/076964 A1 (Toyo Tanso Co., Ltd.), 22 May 2014 (22.05.2014), entire text; all drawings & JP 2014-103180 A & US 2015/0255314 A1 entire text; all drawings & EP 2922084 A1 & CN 104854678 A & TW 201426864 A & KR 10-2015-0087310 A	1-5
A	JP 2011-233780 A (KWANSEI GAKUIN UNIVERSITY), 17 November 2011 (17.11.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2010-265126 A (KWANSEI GAKUIN UNIVERSITY), 25 November 2010 (25.11.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 09 February 2016 (09.02.16)	Date of mailing of the international search report 16 February 2016 (16.02.16)
--	---

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/JP2015/005742

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-230944 A (KWANSEI GAKUIN UNIVERSITY), 02 October 2008 (02.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L21/302(2006.01)i, C30B29/36(2006.01)i, C30B33/12(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（IPC））
 Int.Cl. H01L21/302, C30B29/36, C30B33/12

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
A	WO 2014/076964 A1（東洋炭素株式会社）2014.05.22, 全文、全図 & JP 2014-103180 A & US 2015/0255314 A1, 全文、全図 & EP 2922084 A1 & CN 104854678 A & TW 201426864 A & KR 10-2015-0087310 A	1-5
A	JP 2011-233780 A（学校法人関西学院）2011.11.17, 全文、全図（フ ァミリーなし）	1-5

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 09.02.2016	国際調査報告の発送日 16.02.2016
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/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） 正山 旭 電話番号 03-3581-1101 内線 3559	50	9276
--	--	----	------

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
A	JP 2010-265126 A (学校法人関西学院) 2010. 11. 25, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2008-230944 A (学校法人関西学院) 2008. 10. 02, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5