

(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10月31日(31.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/224665 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)
C30B 1/02 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
G01N 21/65 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/040963

(22) 国際出願日: 2023年11月14日(14.11.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-073297 2023年4月27日(27.04.2023) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 宮風 里紗(MIYAKAZE Risa); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 松島 潔(MATSUSHIMA Kiyoshi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 吉川 潤(YOSHIKAWA Jun); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 高村 雅晴, 外(TAKAMURA Masaharu et al.); 〒1760001 東京都練馬区練馬1丁目4

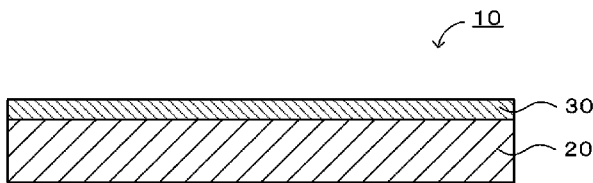
番1号 ユニティフォーラム11 6階 マクスウェル国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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.

(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).

(54) Title: SiC SUBSTRATE AND SiC COMPOSITE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: SiC基板及びSiC複合基板



(57) Abstract: Provided is a SiC substrate having low warpage. This SiC substrate comprises a biaxially oriented SiC layer, and in a Si plane and a C plane of the SiC substrate, the difference between the maximum value k_{max} and the minimum value k_{min} of the Raman shift value is at most 0.50 cm^{-1} . The Raman shift value is obtained by: measuring, in the Si plane of the SiC substrate, a Raman shift value indicating a peak corresponding to the transverse wave acoustic branch of a Raman spectrum at intervals of 1 mm on two straight lines that pass through a center point of the Si plane and are orthogonal to each other; and measuring, in the C plane of the SiC substrate, a Raman shift value indicating a peak corresponding to the transverse wave acoustic branch of a Raman spectrum at intervals of 1 mm on two straight lines that pass through a center point of the C plane and are orthogonal to each other.

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：反りが小さいSiC基板が提供される。このSiC基板は、二軸配向SiC層を備え、SiC基板のSi面及びC面の面内において、ラマンシフト値の最大値 k_{max} と最小値 k_{min} の差が 0.50 cm^{-1} 以下である。上記ラマンシフト値は、SiC基板のSi面の面内において、Si面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定し、かつ、SiC基板のC面の面内において、C面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定することによって得られた値である。

明 細 書

発明の名称：S i C基板及びS i C複合基板

技術分野

[0001] 本発明は、S i C基板及びS i C複合基板に関する。

背景技術

[0002] S i C（炭化珪素）は大電圧及び大電力を低損失で制御できるワイドバンドギャップ材料として注目を集めている。特に近年、S i C材料を用いたパワー半導体デバイス（S i Cパワーデバイス）は、S i半導体を用いたものよりも、小型化、低消費電力化及び高効率化に優れるため、様々な用途における利用が期待されている。例えば、S i Cパワーデバイスを採用することで、電気自動車（E V）やプラグインハイブリッド車（P H E V）向けのコンバータ、インバータ、車載充電器等を小型化して効率を高めることができる。それ故に、S i Cパワーデバイスの根幹を成すS i Cウェハの開発は非常に注目されている。

[0003] S i Cパワーデバイスを作製するには、S i C基板上にS i C単結晶をエピタキシャル成長させる必要がある。しかしながら、S i C基板には反りが発生する場合があります、この反りを抑制するのが望ましい。基板の反りを低減する例として、特許文献1（特開2022-120059号公報）には、S i C基板のラマンスペクトルの縦型光学分岐の折り返しモードに対応するピークの半値幅の最大値を Δ_{max} とし、最小値を Δ_{min} としたとき、 $\Delta_{max} - \Delta_{min} \leq 0.14$ を満たす、S i C基板が開示されている。特許文献2（WO 2021/111835 A1）には、第1主面と、第1主面の反対側にある第2主面とを備えたS i C基板であって、第1主面中の第1正方領域において、S i Cのラマンスペクトルの縦型光学分岐の折り返しモードに対応するピークを示す波数の平均値を第1波数とし、第1主面中の第2正方領域において、S i Cのラマンスペクトルの縦型光学分岐の折り返しモードに対応するピークを示す波数の平均値を第2波数とした場合、第1波数と第2波数との

差の絶対値が 0.2 cm^{-1} 以下である、SiC基板が開示されている。特許文献3（特開2017-75074号公報）には、カーボン面側主面と、シリコン面側主面とを含み、4Hの結晶構造を有するSiC基板であって、カーボン面側主面における窒素濃度がシリコン面側主面における窒素濃度よりも高く、カーボン面側主面とシリコン面側主面とにおけるラマンピークシフトの差が 0.2 cm^{-1} 以下である、SiC基板が開示されている。特許文献4（WO2017/057742A1）には、種結晶上にSiC単結晶を備えるSiC単結晶インゴットであって、そのインゴットから切り出した基板の中心部で測定されたラマンシフト値（A）と周辺部で測定されたラマンシフト値（B）との差（A-B）であるラマン指数が0.20以下である、SiC単結晶インゴットが開示されている。特許文献5（特開2016-164120号公報）には、表面の基底面転位密度が $100\text{ 個}/\text{cm}^2$ 以上 $1000\text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下、貫通螺旋転位密度が $160\text{ 個}/\text{cm}^2$ 以上 $500\text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下、かつ、ラマン指数が0.03以上0.2以下である、口径 150 mm 以上 300 mm 以下のSiC単結晶ウェハが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2022-120059号公報
- 特許文献2：WO2021/111835A1
- 特許文献3：特開2017-75074号公報
- 特許文献4：WO2017/057742A1
- 特許文献5：特開2016-164120号公報

発明の概要

- [0005] 上述のように、基板の反りを低減する方法が検討されてはいるものの、更なる改善が求められている。特に、SiC基板の反りは、エピタキシャル成膜後にSiC基板を研磨する際や、半導体装置を製造する際に課題となる。具体的には、研磨盤へのSiC基板の貼付け時の割れや、半導体製造プロセス中にSiC基板を吸着固定する際の吸着不良を引き起こす。

[0006] 本発明者らは、今般、S i C基板における、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を制御することで、S i C基板の反りを小さくすることができるとの知見を得た。

[0007] したがって、本発明の目的は、反りが小さいS i C基板を提供することにある。

[0008] 本発明によれば、以下の態様が提供される。

[態様1]

二軸配向S i C層を備えたS i C基板であって、
前記S i C基板のS i面及びC面の面内において、ラマンシフト値の最大値 k_{max} と最小値 k_{min} の差が 0.50 cm^{-1} 以下であり、

前記ラマンシフト値は、前記S i C基板のS i面の面内において、前記S i面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定し、かつ、前記S i C基板のC面の面内において、前記C面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定することによって得られた値である、S i C基板。

[態様2]

前記最大値 k_{max} と前記最小値 k_{min} の差が 0.20 cm^{-1} 以下である、態様1に記載のS i C基板。

[態様3]

前記二軸配向S i C層のN濃度が $5.0 \times 10^{18}\text{ atoms/cm}^3$ 以上である、態様1又は2に記載のS i C基板。

[態様4]

前記二軸配向S i C層の希土類元素濃度が $1.0 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{15}\text{ atoms/cm}^3$ である、態様1～3のいずれか一つに記載のS i C基板。

[態様5]

S i C単結晶基板と、前記S i C単結晶基板上の態様1～4のいずれか一つに記載のS i C基板とを備えた、S i C複合基板。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1] S i C複合基板10の縦断面図である。
[図2] S i C複合基板10の製造工程図である。
[図3] エアロゾルデポジション (A D) 装置50の構成を示す概念図である。
[図4] S i C基板10の反り量の測定方法を説明するためのS i C基板10の上面図である。
[図5] S i C基板10の反り量の測定方法を説明するためのS i C基板10の模式断面図である。
[図6] S i C基板10の反り量の測定方法を説明するためのS i C基板10の模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] S i C基板

本発明によるS i C基板は、二軸配向S i C層を備えたものである。このS i C基板は、S i面及びC面の面内において、ラマンシフト値の最大値 $k_{m a x}$ と最小値 $k_{m i n}$ の差が 0.50 cm^{-1} 以下である。このとき、ラマンシフト値は、S i C基板のS i面の面内において、S i面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定し、かつ、S i C基板のC面の面内において、C面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定することによって得られた値である。なお、S i C基板のS i面及びC面とは、S i C基板が二軸配向S i C層で構成される場合には、二軸配向S i C層のS i面及びC面であり、S i C基板が二軸配向S i C層とS i C単結晶基板を備えた複合基板である場合には、複合基板のS i面及びC面である（この場合、二軸配向S i C層表面がS i面でS i C単結晶基板表面がC面であってもよく、二軸配向S i C層表面がC面でS i C単結晶基板

表面がSi面であってもよい)。また、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値とは、典型的には、FTA(2/4)E₂(波数200cm⁻¹付近)のピークを示すラマンシフト値を意味する。このように、SiC基板における、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を制御することで、SiC基板の反りを小さくすることができる。

[0011] 前述したように、SiC基板には反りが発生する場合があります、この反りを抑制するのが望ましいところ、従来の方法では不十分であり反りの更なる改善が求められている。この点、本発明によれば、かかる問題が好都合に解消される。特に、SiC基板における、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を制御することは、SiC基板における窒素の面内分布と弾性歪み分布を小さくできることを意味している。このSiC基板における窒素の面内分布と弾性歪み分布を小さくすることで、SiC基板の反りを小さくすることができると考えられる。

[0012] 本発明のSiC基板は、Si面及びC面の面内において、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定した場合に、得られたラマンシフト値の最大値k_{max}と最小値k_{min}の差が0.50cm⁻¹以下であり、好ましくは0.20cm⁻¹以下である。ここで、上述したように、SiC基板のSi面の面内において、Si面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定し、かつ、SiC基板のC面の面内において、C面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定する。このようにして得られたラマンシフト値の最大値k_{max}と最小値k_{min}の差は、SiC基板の全面(全領域)で測定した場合におけるラマンシフト値の最大値と最小値の差とみなすことができる。

[0013] SiC基板ないし二軸配向SiC層はオフ角を有するところ、そのオフ角はSiC基板ないし二軸配向SiC層の[0001]軸から0.1~12°

であるのが好ましく、より好ましくは $1\sim 5^\circ$ である。

- [0014] 二軸配向SiC層に含まれる希土類元素の例としては、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Sc、及びそれらの組合せが挙げられる。この希土類元素は、Y又はCeであるのが基板の反りを小さくする観点から好ましく、より好ましくはYである。
- [0015] 二軸配向SiC層の希土類元素濃度は $1.0\times 10^{14}\sim 5.0\times 10^{15}$ atoms/cm³であるのが好ましく、より好ましくは $5.0\times 10^{14}\sim 5.0\times 10^{15}$ atoms/cm³であり、さらに好ましくは、 $5.0\times 10^{14}\sim 1.4\times 10^{15}$ atoms/cm³である。
- [0016] 二軸配向SiC層のN濃度は 1.0×10^{18} atoms/cm³以上であるのが好ましく、より好ましくは 5.0×10^{18} atoms/cm³以上、さらに好ましくは 8.0×10^{18} atoms/cm³以上ある。N濃度の上限は特に限定されないが、 1.0×10^{21} atoms/cm³以下であるのが好ましく、より好ましくは 1.0×10^{20} atoms/cm³以下、さらに好ましくは 1.0×10^{19} atoms/cm³以下である。
- [0017] 二軸配向SiC層は、c軸方向及びa軸方向に配向しているのが好ましい。また、SiC基板が二軸配向SiC層で構成されるのが好ましい。二軸配向SiC層は、c軸及びa軸の二軸方向に配向している限り、SiC単結晶であってもよいし、SiC多結晶であってもよいし、モザイク結晶であってもよい。モザイク結晶とは、明瞭な粒界は有しないが、結晶の配向方位がc軸及びa軸の一方又は両方がわずかに異なる結晶の集まりになっているものをいう。配向の評価方法は、特に限定されるものではないが、例えばEBSD (Electron Back Scatter Diffraction Patterns) 法やX線極点図等の公知の分析手法を用いることができる。例えば、EBSD法を用いる場合、二軸配向SiC層の表面(板面)又は板面と直交する断面の逆極点図マッピングを測定する。得られた逆極点図マッピングにおいて、(A)板面の略法線方向の特定方位(第1軸)に

配向していること、(B) 第1軸に直交する、略板面内方向の特定方位(第2軸)に配向していること、(C) 第1軸からの傾斜角度が $\pm 10^\circ$ 以内に分布していること、及び(D) 第2軸からの傾斜角度が $\pm 10^\circ$ 以内に分布していること、という4つの条件を満たすときに略法線方向と略板面方向の2軸に配向していると定義できる。言い換えると、上記4つの条件を満たしている場合に、c軸及びa軸の2軸に配向していると判断する。例えば板面の略法線方向がc軸に配向している場合、略板面内方向がc軸と直交する特定方位(例えばa軸)に配向していればよい。二軸配向SiC層は、略法線方向と略板面内方向の2軸に配向していればよいが、略法線方向がc軸に配向していることが好ましい。略法線方向及び/又は略板面内方向の傾斜角度分布は小さい方が二軸配向SiC層のモザイク性が小さくなり、ゼロに近づくほど単結晶に近くなる。このため、二軸配向SiC層の結晶性の観点では、傾斜角度分布は略法線方向及び略板面方向共に小さい方が好ましく、例えば $\pm 5^\circ$ 以下がより好ましく、 $\pm 3^\circ$ 以下がさらに好ましい。

[0018] SiC複合基板

本発明のSiC基板はSiC複合基板の形態であるのが好ましい。すなわち、本発明の好ましい態様によれば、SiC単結晶基板と、SiC単結晶基板上の上述したSiC基板とを備えた、SiC複合基板が提供される。このように、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値が制御されたSiC基板をSiC複合基板が備えることで、SiC複合基板の反りを小さくすることができる。

[0019] SiC単結晶基板は、典型的にはSiC単結晶で構成される層であり、結晶成長面を有する。SiC単結晶のポリタイプ及びオフ角は特に限定されるものではないが、ポリタイプは4H又は6Hが好ましく、オフ角は単結晶SiCの[0001]軸から $0.1 \sim 12^\circ$ であることが好ましい。ポリタイプは4H、オフ角は単結晶SiCの[0001]軸から $1 \sim 5^\circ$ であることがより好ましい。

[0020] 本発明のSiC基板は、二軸配向SiC層単独の自立基板の形態であって

もよいし、SiC単結晶基板を伴ったSiC複合基板の形態であってもよい。したがって、必要に応じて、二軸配向SiC層は最終的にSiC単結晶基板から分離されてもよい。SiC単結晶基板の分離は、公知の手法により行えばよく、特に限定されない。例えば、ワイヤーソーによって二軸配向SiC層を分離する手法、放電加工によって二軸配向SiC層を分離する手法、レーザーを利用して二軸配向SiC層を分離する手法等が挙げられる。また、SiC単結晶基板上に二軸配向SiC層をエピタキシャル成長させる形態の場合、SiC単結晶基板を分離後、二軸配向SiC層を別の支持基板に設置してもよい。別の支持基板の材質は特に限定はないが、材料物性の観点から好適なものを選択すればよい。例えば熱伝導率の観点では、Cu等の金属基板、SiC、AlN等のセラミックス基板等が挙げられる。

[0021] SiC複合基板の製造方法

本発明のSiC基板を備えるSiC複合基板は、(a) SiC単結晶基板上に所定の配向前駆体層を形成し、(b) SiC単結晶基板上で配向前駆体層を熱処理してその少なくともSiC単結晶基板近くの部分をSiC基板(二軸配向SiC層)に変換し、所望により(c) 研削や研磨等の加工を施して二軸配向SiC層の表面を露出させることにより好ましく製造することができる。しかしながら、SiC複合基板の製造方法には限定がなく、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値が制御されたSiC基板を得ることができればよい。例えば、熱処理中の窒素の流速を速くする処置が可能な製法であるのが好ましく、その場合、CVDや昇華法のような気相法でもよいし、溶液法のような液相法でもよい。SiC基板(二軸配向SiC層)中の希土類元素濃度及び/又はN濃度は、配向前駆体層形成時に原料に希土類化合物を添加したり、熱処理条件(ガスの流量、熱処理温度及び保持時間等)を変更することにより、好ましく制御することができる。このような製造方法によれば、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値が制御されたSiC基板を好ましく作製することができ、SiC基板ないしそれを用いたSiC複合基板の反りを

効果的に低減することができる。

[0022] 以下、SiC複合基板の好ましい製造方法を説明する。図1はSiC複合基板10の縦断面図（SiC複合基板10の中心軸を含む面でSiC複合基板10を縦に切断したときの断面図）であり、図2はSiC複合基板10の製造工程図である。

[0023] 図1に示すように、本実施形態のSiC複合基板10は、SiC単結晶基板20と、SiC単結晶基板上のSiC基板30とを備えている。

[0024] (a) 配向前駆体層の形成工程

図2(a)に示すように、配向前駆体層40は、後述の熱処理によりSiC基板（二軸配向SiC層）30となるものである。配向前駆体層40の形成工程では、SiC単結晶基板20の結晶成長面に配向前駆体層40を形成する。

[0025] 配向前駆体層40の形成方法は、公知の手法が採用可能である。配向前駆体層40の形成方法は、例えば、AD（エアロゾルデポジション）法、HPD（超音速プラズマ粒子堆積法）法等の固相成膜法、スパッタリング法、蒸着法、昇華法、各種CVD（化学気相成長）法等の気相成膜法、溶液成長法等の液相成膜法が挙げられ、配向前駆体層40を直接SiC単結晶基板20上に形成する手法が使用可能である。CVD法としては、例えば熱CVD法、プラズマCVD法、ミストCVD法、MO（有機金属）CVD法等を用いることができる。また、配向前駆体層40として、予め昇華法や各種CVD法、焼結等で作製した多結晶体を使用し、SiC単結晶基板20上に載置する方法も用いることができる。あるいは、配向前駆体層40の成形体を予め作製し、この成形体をSiC単結晶基板20上に載置する手法であってもよい。このような配向前駆体層40は、テープ成形により作製されたテープ成形体でもよいし、一軸プレス等の加圧成形により作製された圧粉体でもよい。

[0026] これらの配向前駆体層40を形成するにあたり、配向前駆体層40の原料に希土類化合物が含まれるようにするのが好ましい。こうすることで、二軸

配向SiC層中の希土類化合物の濃度を制御することができる。希土類化合物としては、特に限定されるものではないが、上述した17種類の希土類元素のうち少なくとも1種類の希土類元素の酸化物、窒化物、炭化物、及びフッ化物等が挙げられる。希土類化合物として希土類元素の酸化物が好ましい。

[0027] なお、SiC単結晶基板20上に直接配向前駆体層40を形成する手法において、各種CVD法や昇華法、溶液成長法等を用いる場合、後述する熱処理工程を経ることなくSiC単結晶基板20上にエピタキシャル成長を生じ、SiC基板30が成膜される場合がある。しかし、配向前駆体層40は、形成時には配向していない状態、即ち非晶質や無配向の多結晶であり、後段の熱処理工程でSiC単結晶を種として配向させることが好ましい。このようにすることで、SiC基板30の表面に到達する結晶欠陥を効果的に低減することができる。この理由は定かではないが、一旦成膜された固相の配向前駆体層がSiC単結晶を種として結晶構造の再配列を生じることにも結晶欠陥の消滅に効果があるのではないかと考えている。従って、各種CVD法や昇華法、溶液成長法等を用いる場合は、配向前駆体層40の形成工程においてエピタキシャル成長が生じない条件を選択することが好ましい。

[0028] しかしながら、AD法や、各種CVD法でSiC単結晶基板20上に直接配向前駆体層40を形成する手法、又は昇華法、各種CVD法、焼結等で別途作製した多結晶体をSiC単結晶基板20上に載置する手法が好ましい。これらの方法を用いることで配向前駆体層40を比較的短時間で形成することが可能となる。AD法は高真空のプロセスを必要とせず、成膜速度も相対的に速いため、特に好ましい。配向前駆体層40として、予め作製した多結晶体を用いる手法では、多結晶体とSiC単結晶基板20の密着性を高めるため、多結晶体の表面を十分に平滑にしておく等の工夫が必要である。このため、コスト的な観点では配向前駆体層40を直接形成する手法が好ましい。また、予め作製した成形体をSiC単結晶基板20上に載置する手法も簡易な手法として好ましいが、配向前駆体層40が粉末で構成されているため

、後述する熱処理工程において焼結させるプロセスを必要とする。いずれの手法も公知の条件を用いることができるが、以下ではAD法又は熱CVD法によりSiC単結晶基板20上に直接配向前駆体層40を形成する方法及び予め作製した成形体をSiC単結晶基板20上に載置する手法について述べる。

[0029] AD法は、微粒子や微粒子原料をガスと混合してエアロゾル化し、このエアロゾルをノズルから高速噴射して基板に衝突させ、被膜を形成する技術であり、常温で被膜を形成できるという特徴を有している。このようなAD法で用いられる成膜装置（AD装置）の一例を図3に示す。図3に示されるAD装置50は、大気圧より低い気圧の雰囲気下で原料粉末を基板上に噴射するAD法に用いられる装置として構成されている。このAD装置50は、原料成分を含む原料粉末のエアロゾルを生成するエアロゾル生成部52と、原料粉末をSiC単結晶基板20に噴射して原料成分を含む膜を形成する成膜部60とを備えている。エアロゾル生成部52は、原料粉末を収容し図示しないガスボンベからのキャリアガスの供給を受けてエアロゾルを生成するエアロゾル生成室53と、生成したエアロゾルを成膜部60へ供給する原料供給管54と、エアロゾル生成室53及びその中のエアロゾルに10～100 Hzの振動数で振動が付与する加振器55とを備えている。成膜部60は、SiC単結晶基板20にエアロゾルを噴射する成膜チャンバ62と、成膜チャンバ62の内部に配設されSiC単結晶基板20を固定する基板ホルダ64と、基板ホルダ64をX軸-Y軸方向に移動するX-Yステージ63とを備えている。また、成膜部60は、先端にスリット67が形成されエアロゾルをSiC単結晶基板20へ噴射する噴射ノズル66と、成膜チャンバ62を減圧する真空ポンプ68とを備えている。噴射ノズル66は、原料供給管54の先端に取り付けられている。

[0030] AD法は、成膜条件によって膜中に気孔を生じる場合や、膜が圧粉体となることが知られている。例えば、原料粉末の基板への衝突速度や原料粉末の粒径、エアロゾル中の原料粉末の凝集状態、単位時間当たりの噴射量等に影

響を受けやすい。原料粉末の基板への衝突速度に関しては、成膜チャンバ62と噴射ノズル66内の差圧や、噴射ノズルの開口面積等に影響を受ける。このため、緻密な配向前駆体層を得るには、これらのファクターを適切に制御することが必要である。

[0031] 熱CVD法では、成膜装置は市販のもの等公知のものを利用することができる。原料ガスは特に限定されるものではないが、Siの供給源としては四塩化ケイ素(SiCl₄)ガスやシラン(SiH₄)ガス、Cの供給源としてはメタン(CH₄)ガスやプロパン(C₃H₈)ガス等を用いることができる。成膜温度は1000~2200℃が好ましく、1100~2000℃がより好ましく、1200~1900℃がさらに好ましい。

[0032] 熱CVD法を用いてSiC単結晶基板20上に成膜する場合、SiC単結晶基板20上にエピタキシャル成長を生じ、SiC基板30を形成する場合があることが知られている。しかし、配向前駆体層40は、その作製時には配向していない状態、即ち非晶質や無配向の多結晶であり、熱処理工程時にSiC単結晶を種結晶として結晶の再配列を生じさせることが好ましい。熱CVD法を用いてSiC単結晶上に非晶質や多結晶の層を形成するには、成膜温度やSi源、C源のガス流量及びそれらの比率、成膜圧力等が影響することが知られている。成膜温度の影響は大きく、非晶質又は多結晶層を形成する観点では成膜温度は低い方が好ましく、1700℃未満が好ましく、1500℃以下がより好ましく、1400℃以下がさらに好ましい。しかし、成膜温度が低すぎると成膜レート自体も低下するため、成膜レートの観点では成膜温度は高い方が好ましい。

[0033] 配向前駆体層40として予め作製した成形体を用いる場合、配向前駆体の原料粉末を成形して作製することができる。例えば、プレス成形を用いる場合、配向前駆体層40は、プレス成形体である。プレス成形体は、配向前駆体の原料粉末を公知の手法に基づきプレス成形することで作製可能であり、例えば、原料粉末を金型に入れ、好ましくは100~400kgf/cm²、より好ましくは150~300kgf/cm²の圧力でプレスすることにより

作製すればよい。また、成形方法に特に限定はなく、プレス成形の他、テープ成形、押出し成形、鋳込み成形、ドクターブレード法及びこれらの任意の組合せを用いることができる。例えば、テープ成形を用いる場合、原料粉末にバインダー、可塑剤、分散剤、分散媒等の添加物を適宜加えてスラリー化し、このスラリーをスリット状の細い吐出口を通過させることにより、シート状に吐出及び成形するのが好ましい。シート状に成形した成形体の厚さに限定はないが、ハンドリングの観点では5～500 μm であるのが好ましい。また、厚い配向前駆体層が必要な場合はこのシート成形体を多数枚積み重ねて、所望の厚さとして使用すればよい。これらの成形体はその後のSiC単結晶基板20上での熱処理によりSiC単結晶基板20近くの部分が、SiC基板30となるものである。このような手法では、後述する熱処理工程において成形体を焼結させる必要がある。成形体が焼結し、多結晶体としてSiC単結晶基板20と一体となる工程を経たのちに、SiC基板30を形成することが好ましい。成形体が焼結した状態を経ない場合、SiC単結晶を種としたエピタキシャル成長が十分に生じない場合がある。このため、成形体はSiC原料の他に、焼結助剤等の添加物を含んでいてもよい。

[0034] (b) 熱処理工程

図2(b)に示すように、熱処理工程では、SiC単結晶基板20上に配向前駆体層40が積層又は載置された積層体を熱処理することによりSiC基板30を生成させる。熱処理方法は、SiC単結晶基板20を種としたエピタキシャル成長が生じるかぎり特に限定されず、管状炉やホットプレート等、公知の熱処理炉で実施することができる。また、これらの常圧(プレスレス)での熱処理だけでなく、ホットプレスやHIPなどの加圧熱処理や、常圧熱処理と加圧熱処理の組み合わせも用いることができる。熱処理の雰囲気は窒素を含む不活性ガス雰囲気であるのが好ましい。窒素を含む不活性ガスは、窒素及びアルゴンを含む混合ガスであることが好ましく、その際の窒素の流速は、例えば0.5～15L/minであり、アルゴンの流速は、例えば3～100L/minである。熱処理温度は、好ましくは1700～2

700℃である。温度を高くすることで、SiC単結晶基板20を種結晶として配向前駆体層40がc軸及びa軸に配向しながら成長しやすくなる。したがって、熱処理温度は、好ましくは1700℃以上、より好ましくは1800℃以上、さらに好ましくは1900℃以上、特に好ましくは2200℃以上である。一方、温度が過度に高いと、SiCの一部が昇華により失われたり、SiCが塑性変形して反り等の不具合が生じたりする可能性がある。したがって、熱処理温度は、好ましくは2700℃以下、より好ましくは2500℃以下である。しかしながら、熱処理条件は、二軸配向SiC層中の希土類元素の含有量に影響を与えるため、その条件（例えば熱処理温度や保持時間）を適宜制御するのが好ましい。このような観点から、熱処理温度は、好ましくは1900～2700℃、より好ましくは2200～2600℃、さらに好ましくは2400～2500℃である。また、その保持時間は2～30時間が好ましく、より好ましくは4～20時間である。さらに、熱処理温度や保持時間はエピタキシャル成長で生じるSiC基板30の厚さにも関係しており、適宜調整することができる。

[0035] 但し、配向前駆体層40として予め作製した成形体を用いる場合、熱処理中に焼結させる必要があり、高温での常圧焼成やホットプレスやHIP又はそれらの組み合わせが好適である。例えば、ホットプレスを用いる場合、面圧は50kgf/cm²以上が好ましく、より好ましくは100kgf/cm²以上、さらに好ましくは200kgf/cm²以上であり、特に上限はない。また、焼成温度も焼結とエピタキシャル成長が生じる限り、特に限定はない。しかしながら、焼成条件は、二軸配向SiC層中の希土類元素の含有量に影響を与えるため、その条件（例えば焼成温度や保持時間）を適宜制御するのが好ましい。このような観点から、焼成温度は、好ましくは1700～2700℃である。また、その保持時間は2～18時間が好ましい。焼成時の雰囲気は真空、窒素、不活性ガス又は窒素と不活性ガスの混合ガスから選択することができる。また、焼成は複数の段階に分けて行ってもよく、焼成温度及び合計保持時間は、上記範囲内であることが好ましい。原料となるS

i C粉末は、 α -SiC及び β -SiCの少なくとも一方で構成されていてもよいが、 β -SiCで構成されるのが好ましい。SiC粉末は、好ましくは0.01~100 μ mの平均粒径を有するSiC粒子で構成される。なお、平均粒径は走査型電子顕微鏡にて粉末を観察し、1次粒子100個分の定方向最大径を計測した平均値を指す。

[0036] 熱処理工程では、配向前駆体層40内の結晶はSiC単結晶基板20の結晶成長面からc軸及びa軸に配向しながら成長していくため、配向前駆体層40は、結晶成長面から徐々にSiC基板30に変わっていく。生成したSiC基板30を備えるSiC複合基板は、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値が制御され、反りが低減されたものになる。この理由について明確なメカニズムは不明だが、例えば熱処理中の窒素の流速を速くすることで、窒素濃度や熱分布の均一性が増す結果、反りが低減すると考えられる。

[0037] (c) 研削及び／又は研磨工程

図2(c)に示すように、研削工程では、熱処理工程後にSiC基板30上に残った配向前駆体層40を研削除去して、SiC基板30の表面を露出させ、露出した表面を研削及び／又は研磨する。こうすることにより、SiC複合基板10を得る。

[0038] なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施し得ることはいうまでもない。例えば、上述した実施形態では、SiC単結晶基板20上にSiC基板30を1層のみ設けたが、2層以上設けてもよい。具体的には、SiC複合基板10のSiC基板30に配向前駆体層40を積層し、熱処理した後に、研削及び／又は研磨をこの順に行うことにより、SiC基板30の上に2層目のSiC基板30を設けることができる。

実施例

[0039] 本発明を以下の例によってさらに具体的に説明する。

[0040] 例1

(1) 配向前駆体層の作製

市販の微細 β -SiC粉末（体積基準D50粒径：0.7 μ m）93.0重量%と、酸化イットリウム粉末（体積基準D50粒径：0.1 μ m）7.0重量%を含む原料粉末を用意した。この原料粉末を、SiCボールを使用してエタノール中で24時間ボールミル混合し、乾燥することで混合粉末を得た。SiC単結晶層として市販のSiC単結晶基板（n型4H-SiC、直径100mm（4インチ）、Si面、（0001）面、オフ角4°、厚さ0.35mm、オリフラ（Orientation Flat）なし）を用意し、図3に示すAD装置50において、SiC単結晶基板上に混合粉末を噴射してAD膜（配向前駆体層）を形成した。

[0041] AD成膜条件は以下のとおりとした。まずキャリアガスはHeとし、長辺5mm×短辺0.4mmのスリットが形成されたセラミックス製のノズルを用いて成膜した。ノズルのスキャン条件は、0.5mm/sのスキャン速度で、スリットの長辺に対して垂直且つ進む方向に105mm移動、スリットの長辺方向に5mm移動、スリットの長辺に対して垂直且つ戻る方向に105mm移動、スリットの長辺方向且つ初期位置とは反対方向に5mm移動、とのスキャンを繰り返し、スリットの長辺方向に初期位置から105mm移動した時点で、それまでとは逆方向にスキャンを行い、初期位置まで戻るサイクルを1サイクルとし、これを4000サイクル繰り返した。このようにして形成したAD膜の厚さは約400 μ mであった。

[0042] (2) 配向前駆体層の熱処理

配向前駆体層であるAD膜を形成したSiC単結晶基板をAD装置から取り出し、アルゴンと窒素の混合気体中で、2400℃にて10時間アニールした。すなわち、配向前駆体層を熱処理して熱処理層とした。この時、アルゴンの流速を4.5L/min、窒素の流速を0.5L/minとした。

[0043] (3) 研削

(3a) 表面研削

熱処理層を形成したSiC単結晶基板の（0001）面を、グラインダ（

1000～6000番手のダイヤモンドホイール)で所定の厚さまで平面研削し、目標の厚さ及び面状態にした。

[0044] (3b) 裏面研削

熱処理層を形成したSiC単結晶基板の(000-1)面を、グラインダ(1000～6000番手のダイヤモンドホイール)で所定の厚さまで平面研削し、目標の厚さ及び面状態にした。

[0045] (4) 研磨

熱処理層を形成したSiC単結晶基板の(0001)面と(000-1)面をそれぞれダイヤモンド砥粒で研磨加工した後、(0001)面を化学機械研磨(CMP)仕上げし、目標の厚さ及び面状態とした。このようにしてSiC基板を得た。

[0046] (5) ラマン分光測定

得られたSiC基板の(0001)面(すなわち、Si面)の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定した。また、得られたSiC基板の(000-1)面(すなわち、C面)の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定した。このときの測定条件を以下に示す。これら4直線上で測定したラマンシフト値のうち、最大値 k_{max} と最小値 k_{min} の差($k_{max} - k_{min}$)を算出した。結果は表1に示されるとおりであった。なお、ラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値とは、FTA(2/4)E₂(波数200cm⁻¹付近)のピークを示すラマンシフト値を意味する。

[0047] <ラマン分光測定条件>

- ・測定装置：堀場製作所製 LabRAM HR Evolution
- ・光源：半導体励起固体レーザー(DPSS、532nm、100mW)
- ・回折格子：1800gr/mm
- ・光学系：後方散乱配置

- ・対物レンズ：100倍
- ・レーザー照射時間：5秒

[0048] (6) 反り測定

得られたSiC基板の表面に対し、高精度レーザ測定器（株式会社キーエンス製 LT-9010M）を用いて、反りの程度、すなわち反り量を測定した。図4に示すように、SiC基板10の(0001)面を平面視したときの平面視図形において、その平面視図形の重心である点Gを通り互いに直交する2つの直線X及びYを引き、直線X上で点Gからそれぞれ45mm離れた2点A及びBと、直線Y上で点Gからそれぞれ45mm離れた2点C及びDとを定めた。続いて、図5に示すように、SiC基板10の表面における点Aと点Bとの間の曲線AB上の任意の点から線分ABに対して垂直になるように伸ばした線分のうち、その線分の距離が最長となるような曲線AB上の点Pを定めた（例えば、図5において、曲線AB上の任意の点として点Pや点O等があるが、それぞれの点から線分ABに対して垂直になるように伸ばした線分のうち最長の線分となるのは点Pから伸ばした線分となる）。そして、線分ABと点Pとの距離を反り量 α とした。また、図6に示すように、SiC基板10の表面における点Cと点Dとの間の曲線CD上の任意の点から線分CDに対して垂直になるように伸ばした線分のうち、その線分の距離が最長となるような曲線CD上の点Rを定めた（例えば、図6において、曲線CD上の任意の点として点Rや点O等があるが、それぞれの点から線分CDに対して垂直になるように伸ばした線分のうち最長の線分となるのは点Rから伸ばした線分となる）。そして、線分CDと点Rとの距離を反り量 β とした。これらの反り量 α 及び β の平均値をSiC基板の反り量とした。結果は表1に示されるとおりであった。なお、SiC基板10が凸形状に反る場合も凹形状の反る場合も上述した測定方法で反り量を測定することができる。

[0049] (7) 熱処理層内のN及び希土類元素の濃度測定

SiC基板の(0001)面の中心を評価箇所とし、ダイナミック二次イ

オン質量分析 (D-SIMS) を行った。希土類元素 (本例では Y) については、分析装置は CAMECA 社製 IMS-7f を用い、一次イオン種 O_2^+ 、及び加速電圧 11.0 kV にて測定を実施した。N については、分析装置は CAMECA 社製 IMS-7f を用い、一次イオン種 Cs^+ 、及び加速電圧 15.0 kV にて測定を実施した。こうして、希土類元素濃度 C_{RE} (atoms/cm³) 及び N の濃度 C_N (atoms/cm³) を測定した。結果は表 1 に示されるとおりであった。

[0050] (8) 熱処理層の二軸配向性評価

EBSD (Electron Back Scatter Diffraction Patterns) 法を用いて、以下に示す条件により、得られた熱処理層の表面 (板面) 及び板面と直交する断面の逆極点図マッピングを測定したところ、傾斜角度分布は略法線方向及び略板面方向ともに 0.01° 以下であったため、熱処理層は c 軸と a 軸に配向した二軸配向 SiC 層であり、SiC 単結晶基板と同様のオフ角を有するものであると判断した。

[0051] <EBSD 測定条件>

- ・測定装置：電子線後方散乱回折装置 (EBSD) (オックスフォード・インストゥルメンツ社製 Nordlys Nano) を取り付けた SEM (日立ハイテクノロジーズ社製、SU-5000)
- ・加速電圧：15 kV
- ・スポット強度：70
- ・ワーキングディスタンス：22.5 mm
- ・ステップサイズ：0.5 μm
- ・試料傾斜角：70°
- ・測定プログラム：Aztec (version 3.3)

[0052] 例 2

上記 (2) において、アルゴンの流速を 45 L/min、窒素の流速を 5 L/min にしたこと以外は、例 1 と同様にして SiC 基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向 SiC 層であることが確認された。

結果は表1に示されるとおりであった。

[0053] 例3

上記(2)において、アルゴンの流速を90L/min、窒素の流速を10L/minにしたこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0054] 例4

上記(2)において、アルゴンの流速を5L/min、窒素の流速を0.5L/minにしたこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0055] 例5

上記(1)において、市販の微細 β -SiC粉末(体積基準D50粒径:0.7 μ m)91.7重量%と、酸化イットリウム粉末(体積基準D50粒径:0.1 μ m)8.3重量%を含む原料粉体を使用したこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0056] 例6

上記(1)において、市販の微細 β -SiC粉末(体積基準D50粒径:0.7 μ m)95.2重量%と、酸化イットリウム粉末(体積基準D50粒径:0.1 μ m)4.8重量%を含む原料粉体を使用したこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0057] 例7

上記(1)において、市販の微細 β -SiC粉末(体積基準D50粒径:0.7 μ m)93.0重量%と、酸化イットリウム粉末(体積基準D50粒

径：0.1 μm) 7.0重量%を含む原料粉体を使用したこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0058] 例8 (比較)

上記(2)において、アルゴンの流速を2.7 L/min、窒素の流速を0.3 L/minにしたこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0059] 例9 (比較)

上記(2)において、アルゴンの流速を0.9 L/min、窒素の流速を0.1 L/minにしたこと以外は、例1と同様にしてSiC基板の作製及び評価を行った。得られた熱処理層は二軸配向SiC層であることが確認された。結果は表1に示されるとおりであった。

[0060]

[表1]

表 1

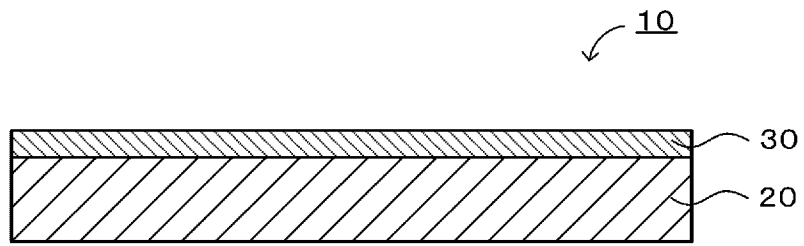
	アルゴンの流速 (L/min)	窒素の流速 (L/min)	ラマンシフト値の差 $k_{max}-k_{min}$ (cm^{-1})	反り量 (μm)	N 濃度 C_N (atoms/ cm^3)	希土類元素濃度 C_{RE} (atoms/ cm^3)	希土類元素 の種類
例 1	4.5	0.5	0.45	19.7	5.1×10^{18}	8.5×10^{14}	Y
例 2	45	5	0.22	10.8	6.8×10^{18}	7.1×10^{14}	Y
例 3	90	10	0.17	2.4	7.2×10^{18}	7.6×10^{14}	Y
例 4	5	0.5	0.43	24.6	4.4×10^{18}	8.4×10^{14}	Y
例 5	4.5	0.5	0.48	27.8	5.6×10^{18}	9.6×10^{13}	Y
例 6	4.5	0.5	0.47	28.3	5.3×10^{18}	5.7×10^{15}	Y
例 7	4.5	0.5	0.46	18.8	6.9×10^{18}	7.9×10^{14}	Ce
例 8*	2.7	0.3	0.53	41.1	7.0×10^{18}	8.2×10^{14}	Y
例 9*	0.9	0.1	0.87	53.5	5.9×10^{18}	9.1×10^{14}	Y

*1は比較例を示す。

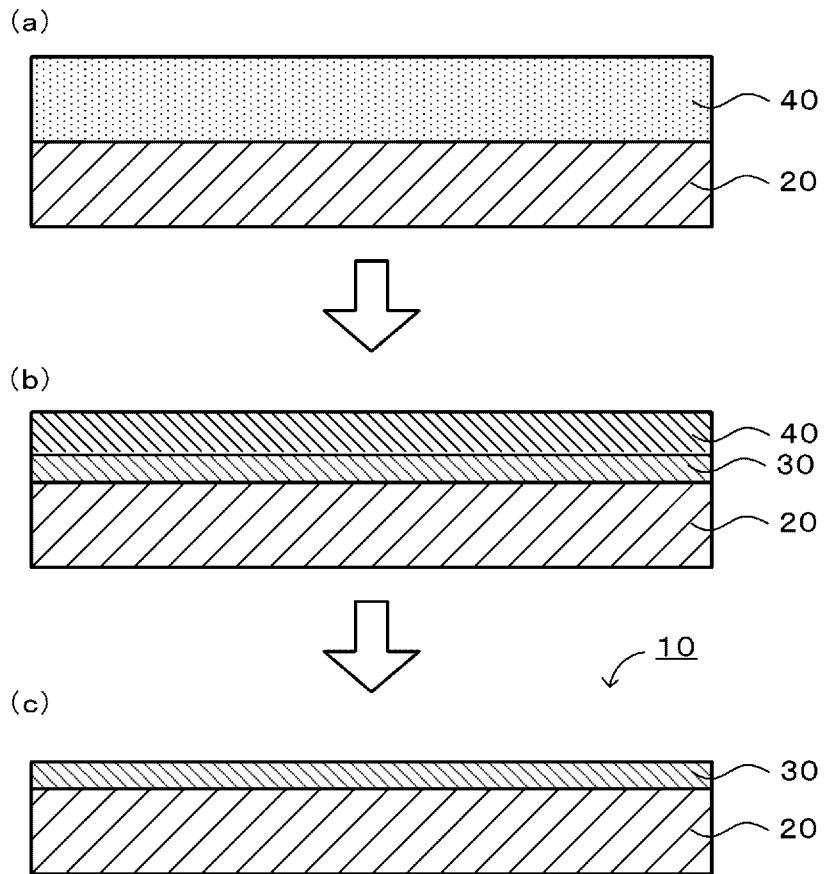
請求の範囲

- [請求項1] 二軸配向SiC層を備えたSiC基板であって、
前記SiC基板のSi面及びC面の面内において、ラマンシフト値の最大値 k_{max} と最小値 k_{min} の差が 0.50 cm^{-1} 以下であり、
前記ラマンシフト値は、前記SiC基板のSi面の面内において、前記Si面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定し、かつ、前記SiC基板のC面の面内において、前記C面の中心点を通り互いに直交する2つの直線上にて1mm間隔でラマンスペクトルの横波音響分岐に対応するピークを示すラマンシフト値を測定することによって得られた値である、SiC基板。
- [請求項2] 前記最大値 k_{max} と前記最小値 k_{min} の差が 0.20 cm^{-1} 以下である、請求項1に記載のSiC基板。
- [請求項3] 前記二軸配向SiC層のN濃度が $5.0 \times 10^{18}\text{ atoms/cm}^3$ 以上である、請求項1又は2に記載のSiC基板。
- [請求項4] 前記二軸配向SiC層の希土類元素濃度が $1.0 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{15}\text{ atoms/cm}^3$ である、請求項1又は2に記載のSiC基板。
- [請求項5] SiC単結晶基板と、前記SiC単結晶基板上の請求項1又は2に記載のSiC基板とを備えた、SiC複合基板。

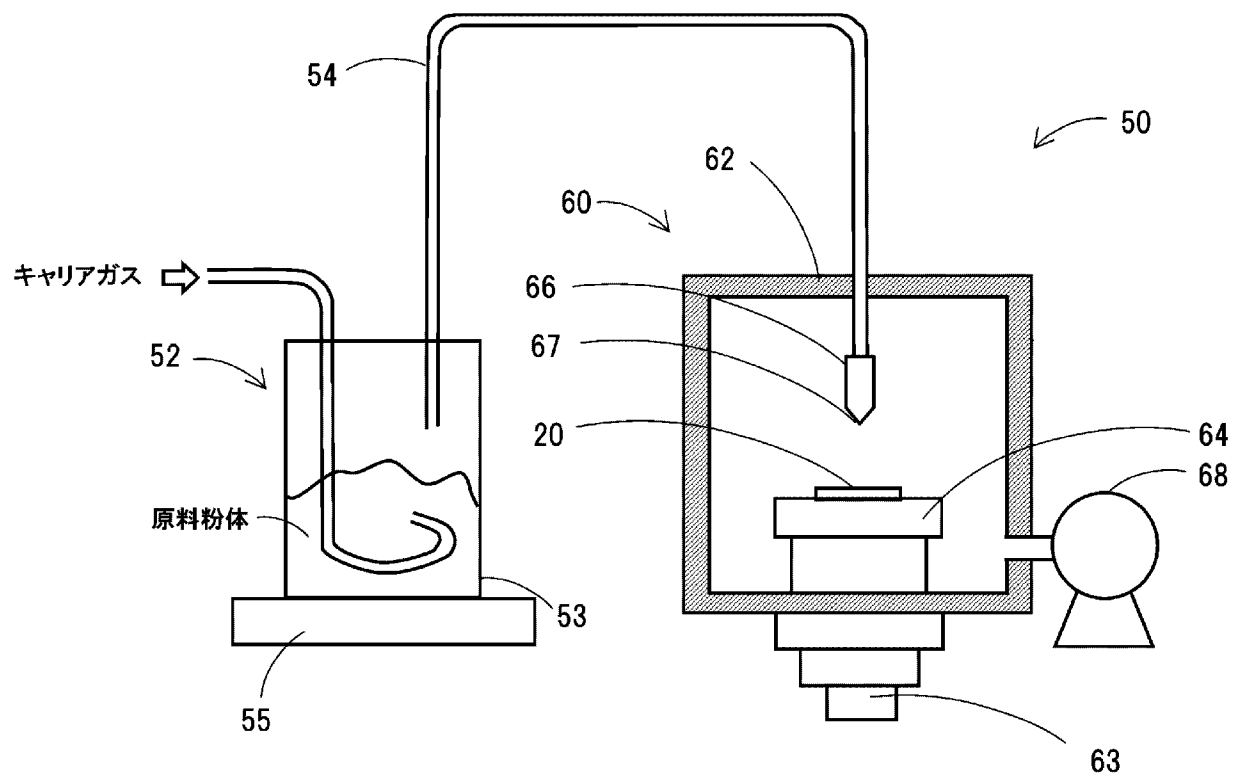
[図1]



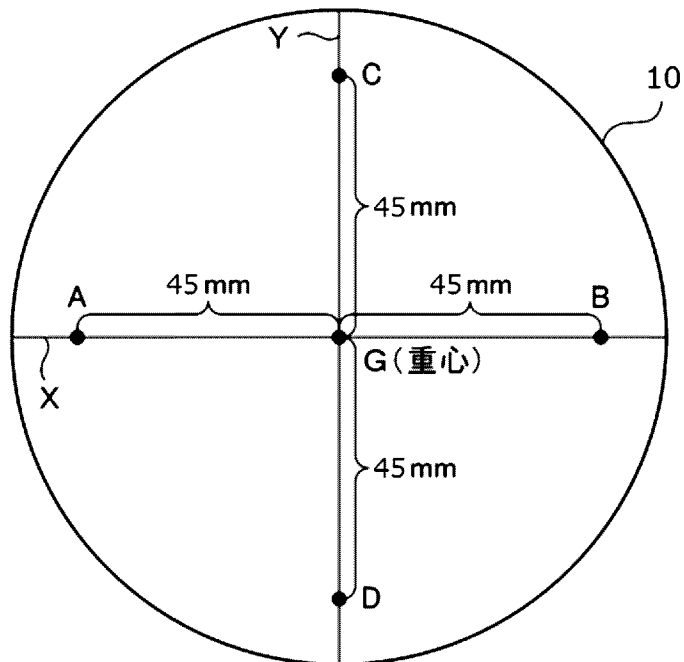
[図2]



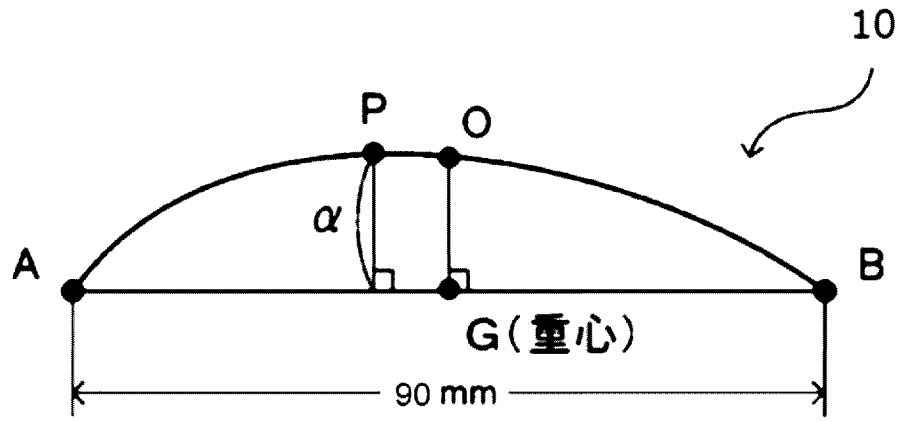
[図3]



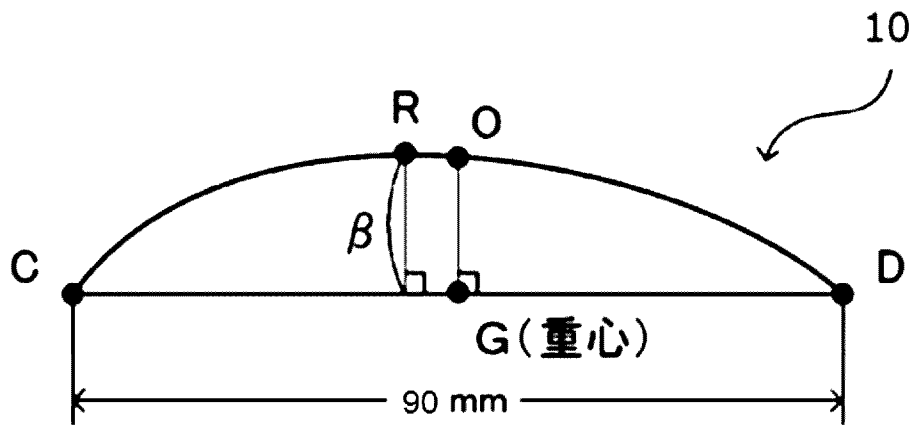
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/040963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>C30B 29/36</i> (2006.01)i; <i>C30B 1/02</i> (2006.01)i; <i>G01N 21/65</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/31</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/66</i> (2006.01)i FI: C30B29/36 A; H01L21/66 L; H01L21/31 B; C30B1/02; G01N21/65		
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) C30B29/36; C30B1/02; G01N21/65; H01L21/31; H01L21/66		
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) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2022-120059 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17 August 2022 (2022-08-17) entire text	1-5
A	WO 2022/191751 A1 (KISELKARBID I STOCKHOLM AB) 15 September 2022 (2022-09-15) entire text	1-5
A	WO 2017/057742 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 06 April 2017 (2017-04-06) entire text	1-5
A	JP 2017-075074 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 20 April 2017 (2017-04-20) entire text	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“D” document cited by the applicant in the international application</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 16 January 2024		Date of mailing of the international search report 30 January 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-059073 A (NIPPON STEEL SUMIKIN MATERIALS CO., LTD.) 30 March 2015 (2015-03-30) entire text	1-5
A	WO 2016/067918 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 06 May 2016 (2016-05-06) entire text	1-5
A	中島 信一 他, DUV ラマン散乱分光による SiC の表面フォノンの測定と極性面判定, 第 53 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 (2006 年春季), 2006, p. 419, 23p-ZQ-12, (NAKASHIMA, Shinichi et al.), non-official translation (Measurement of surface phonons and determination of polar surface of SiC by DUV Raman scattering spectroscopy. Lecture Preprints of the 53rd Meeting of The Japan Society of Applied Physics and Related Societies (Spring 2006).) entire text	1-5
A	竹中一将 他, サブミクロン厚 4H-SiC におけるラマンスペクトルの極性面依存性, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 (2018 年), 2018, p. 03-232, 18p-B203-17, (TAKENAKA, Kazumasa et al. The surface polarity dependences of the Raman spectrum in sub-micrometer thick 4H-SiC substrate.), non-official translation (Lecture Preprints of the 65th JSAP Spring Meeting (2018)) entire text	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/040963

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2022-120059	A	17 August 2022	US	2020/0388683	A1	
				entire text			
				WO	2019/111507	A1	
				CN	111433394	A	

WO	2022/191751	A1	15 September 2022	SE	2150283	A1	
				entire text			

WO	2017/057742	A1	06 April 2017	US	2018/0282902	A1	
				entire text			
				CN	108138359	A	

JP	2017-075074	A	20 April 2017	US	2018/0254323	A1	
				entire text			
				WO	2017/064897	A1	
				CN	108026662	A	

JP	2015-059073	A	30 March 2015	US	2016/0231256	A1	
				WO	2015/040895	A1	
				EP	3048641	A1	
				CN	105556649	A	
				KR	10-2016-0058867	A	
				KR	10-2017-0031268	A	

WO	2016/067918	A1	06 May 2016	US	2017/0200605	A1	
				entire text			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C30B 29/36(2006.01)i; C30B 1/02(2006.01)i; G01N 21/65(2006.01)i; H01L 21/31(2006.01)i; H01L 21/66(2006.01)i FI: C30B29/36 A; H01L21/66 L; H01L21/31 B; C30B1/02; G01N21/65		
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）） C30B29/36; C30B1/02; G01N21/65; H01L21/31; H01L21/66 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		
国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
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	JP 2022-120059 A (住友電気工業株式会社) 17.08.2022 (2022 - 08 - 17) 全文	1-5
A	WO 2022/191751 A1 (KISELKARBID I STOCKHOLM AB) 15.09.2022 (2022 - 09 - 15) 全文	1-5
A	WO 2017/057742 A1 (新日鐵住金株式会社) 06.04.2017 (2017 - 04 - 06) 全文	1-5
A	JP 2017-075074 A (住友電気工業株式会社) 20.04.2017 (2017 - 04 - 20) 全文	1-5
A	JP 2015-059073 A (新日鐵住金マテリアルズ株式会社) 30.03.2015 (2015 - 03 - 30) 全文	1-5
A	WO 2016/067918 A1 (富士電機株式会社) 06.05.2016 (2016 - 05 - 06) 全文	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般の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	16.01.2024	国際調査報告の発送日 30.01.2024
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） ▲高▼橋 真由 4G 4490 電話番号 03-3581-1101 内線 3416	

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	中島 信一 他, DUVラマン散乱分光によるSiCの表面フォノンの測定と極性面判定, 第53回応用物理学関係連合講演会講演予稿集(2006年春季), 2006, p.419-23p-ZQ-12 全文	1-5
A	竹中一将 他, サブミクロン厚4H-SiCにおけるラマンスペクトルの極性面依存性, 第65回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集(2018年), 2018, p.03-232-18p-B203-17 全文	1-5

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/040963

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2022-120059	A	17.08.2022	US	2020/0388683	A1	
				全文			
				WO	2019/111507	A1	
				CN	111433394	A	

WO	2022/191751	A1	15.09.2022	SE	2150283	A1	
				全文			

WO	2017/057742	A1	06.04.2017	US	2018/0282902	A1	
				全文			
				CN	108138359	A	

JP	2017-075074	A	20.04.2017	US	2018/0254323	A1	
				全文			
				WO	2017/064897	A1	
				CN	108026662	A	

JP	2015-059073	A	30.03.2015	US	2016/0231256	A1	
				WO	2015/040895	A1	
				EP	3048641	A1	
				CN	105556649	A	
				KR	10-2016-0058867	A	
				KR	10-2017-0031268	A	

WO	2016/067918	A1	06.05.2016	US	2017/0200605	A1	
				全文			
