

(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
2019年1月10日(10.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/009182 A1

(51) 国際特許分類:

C30B 29/36 (2006.01) C30B 29/04 (2006.01)
C23C 16/42 (2006.01) C30B 29/06 (2006.01)
C30B 25/18 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)

セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).
川名 功泰(KAWANA Noriyasu); 〒3928502 長
野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコー
エプソン株式会社内 Nagano (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/024615

(22) 国際出願日: 2018年6月28日(28.06.2018)

(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 2017-133415 2017年7月7日(07.07.2017) JP

(71) 出願人: セイコーエプソン株式会社(SEIKO
EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608801 東
京都新宿区新宿四丁目1番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 渡邊 幸宗(WATANABE Yukimune);
〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号

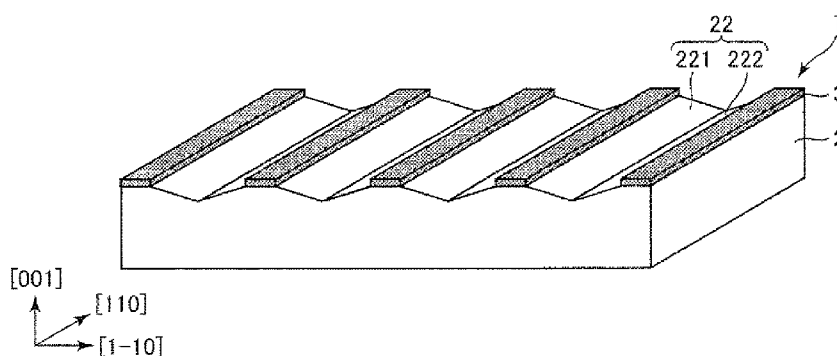
(74) 代理人: 渡辺 和昭, 外(WATANABE Kazuaki
et al.); 〒3998702 長野県松本市寿小赤2
070セイコーエプソン株式会社 知
的財産本部内 Nagano (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: SINGLE CRYSTAL SUBSTRATE, METHOD FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL SUBSTRATE,
AND SILICON CARBIDE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 単結晶基板、単結晶基板の製造方法および炭化ケイ素基板

[図2]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide: a single crystal substrate with which a silicon carbide growth layer with less crystal defects can be formed; a method for producing a single crystal substrate capable of efficiently producing the single crystal substrate; and a silicon carbide substrate having a high-quality silicon carbide growth layer. Provided is a single crystal substrate characterized by comprising a ground substrate that includes, inside thereof, a first crystal plane and a second crystal plane facing the first crystal plane, and that has a plurality of grooves extending in a <110> direction, the single crystal substrate being characterized in that the angle formed by the first crystal plane and the second plane is over 70.6°. Further it is preferred that the angle formed by the first crystal plane and the second crystal plane is 100° to 176°.

[続葉有]

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))
- 補正された請求の範囲及び説明書(条約第19条(1))

(57) 要約: 結晶欠陥の少ない炭化ケイ素成長層を形成可能な単結晶基板、かかる単結晶基板を効率よく製造可能な単結晶基板の製造方法、および、高品質な炭化ケイ素成長層を有する炭化ケイ素基板を提供すること。第1結晶面と、前記第1結晶面と対向する第2結晶面と、を内面を含み、延在方向が $\langle 110 \rangle$ 方向である溝を複数備える下地基板を有し、前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度が 70.6° 超であることを特徴とする単結晶基板。また、前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度が 100° 以上 176° 以下であることが好ましい。

明 細 書

発明の名称：

単結晶基板、単結晶基板の製造方法および炭化ケイ素基板

技術分野

[0001] 本発明は、単結晶基板、単結晶基板の製造方法および炭化ケイ素基板に関するものである。

背景技術

[0002] 炭化ケイ素（SiC）は、Siに比べ2倍以上のバンドギャップ（2.36～3.23 eV）を有するワイドバンドギャップ半導体であり、高耐圧デバイス用材料として注目されている。

[0003] ところが、SiCは、Siとは異なり、結晶化温度が高温であるため、Si基板と同様の液相からの引上げ法による単結晶インゴット作成が困難である。そのため、昇華法によりSiCの単結晶インゴットを形成する方法が提案されているが、かかる昇華法においては、大口径で結晶欠陥の少ない基板を形成することが非常に難しい。一方、SiC結晶の中でも立方晶SiC（3C-SiC）は、比較的低温で形成可能であるため、基板上にエピタキシャル成長を行う方法が提案されている。

[0004] このエピタキシャル成長を用いたSiC基板の製造方法の1つとして、気相中において、Si基板上に3C-SiCを成長させるヘテロエピタキシャル技術が検討されている。例えば、非特許文献1には、Si（100）基板において[001]方向を[110]方向へ4°程度傾けてなるオフセット基板を用い、その表面上にSiCをエピタキシャル成長させることが開示されている。これにより、SiC成長層において、反位相領域界面（APB：Anti-phase boundary）と呼ばれる結晶欠陥の低減を図ることができる。

[0005] また、特許文献1には、（001）面の底部と、（111）面、（ $\bar{1}\bar{1}1$ ）面、（ $\bar{1}1\bar{1}$ ）面および（1 $\bar{1}1$ ）面からなるファセットと、を含む溝を備える半導体基板と、半導体基板上に設けられた半導体緩衝層と、

半導体緩衝層上に設けられた第1の半導体層と、を有する半導体装置が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1: Journal of Crystal Growth 78 (1986) 538-544.

特許文献

[0007] 特許文献1: 特開2006-196631号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところが、従来のオフセット基板や溝を備えた半導体基板では、結晶欠陥の低減を十分に図ることができない。

[0009] 本発明の目的は、結晶欠陥の少ない炭化ケイ素成長層を形成可能な単結晶基板、かかる単結晶基板を効率よく製造可能な単結晶基板の製造方法、および、高品質な炭化ケイ素成長層を有する炭化ケイ素基板を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の単結晶基板は、第1結晶面と、前記第1結晶面と対向する第2結晶面と、を内面に含み、延在方向が $\langle 110 \rangle$ 方向である溝を複数備える下地基板を有し、

前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度が 70.6° 超であることを特徴とする。

[0011] これにより、溝を含む単結晶基板を下地にして炭化ケイ素をエピタキシャル成長させたとき、炭化ケイ素結晶内における結晶欠陥を効率よく消滅または低減させることができる。したがって、結晶欠陥の少ない炭化ケイ素成長層を形成可能な単結晶基板が得られる。

[0012] 本発明の単結晶基板では、前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度

が 100° 以上 176° 以下であることが好ましい。

これにより、結晶欠陥をより効率よく消滅または低減させることができる。

[0013] 本発明の単結晶基板では、前記下地基板は、さらに、前記溝同士の間には設けられている平坦面として $Si\{100\}$ 面を備えることが好ましい。

[0014] これにより、平坦面と溝とを高精度に形成することができるので、炭化ケイ素下地膜から溝に向かって炭化ケイ素成長層を効率よく安定的に成長させることができる。その結果、成長させる炭化ケイ素成長層が薄い場合でも、結晶欠陥をより効率よく消滅または低減させることができる。

[0015] 本発明の単結晶基板では、前記下地基板は、さらに、前記溝同士の間には設けられている平坦面として $Si\{100\}$ 面が $\langle 110 \rangle$ 方向に 0° 超 54.7° 未満の角度で傾斜している面を備えることが好ましい。

[0016] これにより、溝のみならず、平坦面においても、結晶欠陥を消滅または低減させることができる。その結果、より結晶欠陥が少なく、高品質な炭化ケイ素成長層を形成することができる。

[0017] 本発明の単結晶基板では、前記平坦面と前記第1結晶面とのなす角度は、前記平坦面と $Si\{111\}$ 面とのなす角度よりも大きい角度であることが好ましい。

[0018] これにより、結晶欠陥同士をより高い確率で会合させ、消滅または低減させることができる。

[0019] 本発明の単結晶基板では、さらに、前記平坦面上に設けられている炭化ケイ素下地膜を有することが好ましい。

[0020] これにより、単結晶基板上に炭化ケイ素成長層を成長させるとき、炭化ケイ素下地膜をシード層として溝に向かって結晶を成長させることができる。その結果、より高品質な炭化ケイ素成長層が得られる。

[0021] 本発明の単結晶基板では、前記下地基板は、シリコン、多結晶炭化ケイ素またはダイヤモンドを含むことが好ましい。

これにより、より高品質な炭化ケイ素成長層を形成することができる。

[0022] 本発明の単結晶基板の製造方法は、本発明の単結晶基板を製造する方法であって、

単結晶母材とその表面の一部に設けられている第1マスクとを備えるマスク付き母材を用意する工程と、

前記単結晶母材の表面に第2マスクを設ける工程と、

前記単結晶母材にエッチング処理を施し、前記単結晶母材の表面のうち前記第1マスクに臨む領域に前記溝を形成する工程と、

前記第1マスクを除去する工程と、を有することを特徴とする。

これにより、単結晶基板を効率よく製造することができる。

[0023] 本発明の炭化ケイ素基板では、本発明の単結晶基板と、

前記単結晶基板上に成膜されている炭化ケイ素成長層と、を有することを特徴とする。

[0024] これにより、炭化ケイ素成長層のワイドバンドギャップと結晶欠陥の少なさを活かし、パワーデバイスを形成し得る半導体層を備えた炭化ケイ素基板が得られる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本実施形態に係る炭化ケイ素基板の縦断面図である。

[図2]図1に示す炭化ケイ素基板に含まれる単結晶基板を示す斜視図である。

[図3]図2に示す単結晶基板に含まれる下地基板のみを示す斜視図である。

[図4]図1に示す炭化ケイ素基板の拡大図であって、結晶欠陥の一例を模式的に示した図である。

[図5]本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

[図6]本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

[図7]本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

[図8]本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

[図9]本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、単結晶基板、単結晶基板の製造方法および炭化ケイ素基板を添付図

面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

[0027] <炭化ケイ素基板>

まず、本発明の炭化ケイ素基板の実施形態について説明する。

図1は、本実施形態に係る炭化ケイ素基板10の縦断面図である。

[0028] 炭化ケイ素基板10（本発明の炭化ケイ素基板の実施形態）は、単結晶基板1（本発明の単結晶基板の実施形態）と、単結晶基板1上に成膜された炭化ケイ素成長層4と、を有している。この炭化ケイ素成長層4は、そのワイドバンドギャップと結晶欠陥の少なさを活かし、例えば後述するパワーデバイスを形成し得る半導体層として用いられる。

[0029] かかる炭化ケイ素成長層4としては、例えば、立方晶炭化ケイ素（3C-SiC）で構成された半導体層が挙げられる。立方晶炭化ケイ素は、バンドギャップ値が2.36 eV以上と広く、熱伝導率や絶縁破壊電界が高いため、パワーデバイス用のワイドバンドギャップ半導体として特に好適に用いられる。なお、炭化ケイ素成長層4は、3C-SiCで構成された半導体層に限定されず、4H-SiCや6H-SiCで構成された半導体層であってもよい。

[0030] そして、後述する単結晶基板1を用いることにより、結晶欠陥が少なく高品質な炭化ケイ素成長層4を形成することができる。

[0031] なお、炭化ケイ素基板10を用いて製造されるパワーデバイスとしては、例えば昇圧コンバーター用のトランジスターやダイオード等が挙げられる。具体的には、MOSFET（metal-oxide-semiconductor field-effect transistor）、絶縁ゲート型バイポーラー・トランジスター（IGBT）、ショットキーバリアーダイオード（SBD）等が挙げられる。

[0032] 以下、単結晶基板1についてさらに詳述する。

（単結晶基板）

図2は、図1に示す炭化ケイ素基板10に含まれる単結晶基板1を示す斜視図である。また、図3は、図2に示す単結晶基板1に含まれる下地基板2のみを示す斜視図である。

[0033] 単結晶基板 1 は、下地基板 2 と、下地基板 2 上に設けられた炭化ケイ素下地膜 3 と、を有している。このような単結晶基板 1 は、例えば、炭化ケイ素下地膜 3 をシード層として炭化ケイ素成長層 4 をエピタキシャル成長させるための下地として用いられる。

[0034] ー下地基板ー

下地基板 2 は、単結晶の基板であれば、特に限定されないが、例えば、シリコン基板、多結晶炭化ケイ素基板、ダイヤモンド基板、サファイア基板、石英基板、または任意の基板にこれらの結晶を成膜した複合基板である。

[0035] このうち、下地基板 2 は、シリコン、多結晶炭化ケイ素またはダイヤモンドを含むことが好ましく、これらを主材料とする結晶材料で構成されるのがより好ましい。このような下地基板 2 は、いずれも立方晶を含み、炭化ケイ素を成長させるための下地として好適なものである。このため、かかる下地基板 2 を用いることにより、より高品質な炭化ケイ素成長層 4 を形成させることができる。

[0036] 下地基板 2 の厚さは、炭化ケイ素成長層 4 を形成する工程のハンドリングに耐え得る程度の機械的強度を有するように適宜設定されるが、一例として $100\mu\text{m}$ 以上 2mm 以下程度が好ましい。

[0037] 図 1 に示す下地基板 2 には、一例として、主面が $\text{Si}(001)$ 面の単結晶シリコン基板を挙げている。そして、下地基板 2 の下面 2a は、 $\text{Si}(001)$ 面の平坦面となっている。一方、下地基板 2 の上面 2b は、 $\text{Si}(001)$ 面からなる複数の平坦面 21 と、延在方向が $[110]$ 方向である複数の溝 22 と、を含んでいる。すなわち、上面 2b では、 $[110]$ 方向に延在する複数の平坦面 21 と、 $[110]$ 方向に延在する複数の溝 22 とが、 $[110]$ 方向と直交する方向に交互に並んでいる。これにより、上面 2b は、平坦面 21 を頂面とする凸部（山）と、溝 22 からなる凹部（谷）とが、 $[1-10]$ 方向に沿って交互に並んだ凹凸形状を有する面になっている。

[0038] なお、複数の溝 22 は、互いに平行であることが好ましいが、製造誤差程

度のずれは許容される。また、部分的に非平行な部分が含まれていてもよく、途中で湾曲または屈曲していてもよい。

[0039] ここで、各溝 22 は、横断面形状が V 字状になっている。すなわち、各溝 22 は、第 1 結晶面 221 と、この第 1 結晶面 221 と対向する第 2 結晶面 222 と、を内面に含んでいる。そして、各溝 22 は、このような第 1 結晶面 221 と第 2 結晶面 222 とで構成される V 字状の横断面形状を維持しながら、 $[110]$ 方向に延在している。なお、第 1 結晶面 221 と第 2 結晶面 222 とが対向しているとは、双方が溝 22 の内面に位置するとともに、溝 22 の底を挟んで互いに反対側に位置していることをいう。

[0040] また、溝 22 の開口角 θ 、すなわち、第 1 結晶面 221 と第 2 結晶面 222 とのなす角度は、 70.6° 超である。このような開口角 θ を有する溝 22 は、その溝 22 を上面 2b に含む単結晶基板 1 を下地にして炭化ケイ素をエピタキシャル成長させたとき、炭化ケイ素結晶内における結晶欠陥を効率よく消滅または低減させることができる。これにより、高品質な炭化ケイ素成長層 4 が得られる。

[0041] ここで、図 4 は、図 1 に示す炭化ケイ素基板 10 の拡大図であって、結晶欠陥の一例を模式的に示した図である。

[0042] 溝 22 では、前述したように、第 1 結晶面 221 と第 2 結晶面 222 とが互いに向かい合っている。図 4 に示す例では、第 1 結晶面 221 に端を発する結晶欠陥 91 が、 $S_i(111)$ 面と平行に進展している。一方、第 2 結晶面 222 に端を発する結晶欠陥 92 は、 $S_i(1\bar{1}1)$ 面と平行に進展している。そして、結晶欠陥 91 と結晶欠陥 92 は、会合点 93 において会合し、消滅している。このように、溝 22 を有する単結晶基板 1 上に成長させた炭化ケイ素成長層 4 では、互いに異なる方向に進展する結晶欠陥 91、92 を会合させ、消滅または減少させることができる。

[0043] なお、溝 22 の開口角 θ が前記下限値を下回ると、開口角 θ が狭すぎるため、結晶欠陥 91、92 が会合する確率が低下し、結晶欠陥 91、92 を十分に低減することができない。

[0044] また、溝 2 2 の開口角 θ は、 100° 以上 176° 以下であるのが好ましく、 150° 以上 175° 以下であるのがより好ましく、 166° 以上 174° 以下であるのがさらに好ましい。これにより、結晶欠陥 9 1、9 2 をより効率よく消滅または低減させることができる。なお、溝 2 2 の開口角 θ が前記上限値を上回ると、溝 2 2 を設けたことによる効果が薄れてしまうため、結晶欠陥 9 1、9 2 が会合する確率が低下し、結晶欠陥 9 1、9 2 を十分に低減させることができないおそれがある。

[0045] 溝 2 2 の開口角 θ は、溝 2 2 の幅や溝 2 2 の形成時間等に応じて調整可能である。例えば、溝 2 2 の幅を広くすることにより、溝 2 2 の開口角 θ を大きくすることができ、一方、溝 2 2 の幅を狭くすることにより、溝 2 2 の開口角 θ を小さくすることができる。また、溝 2 2 の形成時間を長くすることにより、溝 2 2 を深くすることができるので、溝 2 2 の開口角 θ を小さくすることができ、一方、溝 2 2 の形成時間を短くすることにより、溝 2 2 を浅くすることができるので、溝 2 2 の開口角 θ を大きくすることができる。

[0046] このような溝 2 2 は、前述したように、 $[110]$ 方向に延在している。また、下地基板 2 は、複数の溝 2 2 を有しており、これらは $[110]$ 方向と直交する方向に並んでいる。

[0047] 一方、本実施形態に係る下地基板 2 は、前述したように、隣接する溝 2 2 同士の間設けられている平坦面 2 1 として $Si(001)$ 面を有している。このような平坦面 2 1 が設けられることにより、下地基板 2 の上面 2 b は、溝 2 2 を加工し易い面となるため、平坦面 2 1 と溝 2 2 とが交互にかつ高精度に並んでなる凹凸形状を有する面となる。このような上面 2 b は、単結晶基板 1 上に成長させる炭化ケイ素成長層 4 の膜厚が薄い場合でも、結晶欠陥をより効率よく消滅または低減させることができる。

[0048] また、本実施形態に係る平坦面 2 1 は、前述した炭化ケイ素下地膜 3 を成膜するための領域となる。すなわち、平坦面 2 1 が設けられることにより、溝 2 2 に隣接して炭化ケイ素下地膜 3 を安定的に設けることができる。これにより、炭化ケイ素下地膜 3 をシード層として炭化ケイ素成長層 4 を成長さ

せるとき、炭化ケイ素下地膜 3 から溝 2 2 に向かって炭化ケイ素成長層 4 を効率よく安定的に成長させることができる。その結果、より高品質な炭化ケイ素成長層 4 が得られる。

[0049] なお、平坦面 2 1 は、下面 2 a（裏面）と平行であってもよく、非平行であってもよい。平行である場合には、平坦面 2 1 に対して均一な厚さの炭化ケイ素下地膜 3 を設け易いため、溝 2 2 に向かって成長する炭化ケイ素成長層 4 についても、結晶欠陥の少ないものが得られる。

[0050] また、平坦面 2 1 と第 1 結晶面 2 2 1 とのなす角度 α は、平坦面 2 1 と $S_i(1-11)$ 面とのなす角度よりも大きいことが好ましい。 $S_i(1-11)$ 面は、結晶欠陥と平行な面であるため、平坦面 2 1 と第 1 結晶面 2 2 1 とのなす角度を、 $S_i(1-11)$ 面とのなす角度よりも大きい角度に設定することで、結晶欠陥同士をより高い確率で会合させ、消滅または低減させることができる。

[0051] また、平坦面 2 1 と第 2 結晶面 2 2 2 とのなす角度も、平坦面 2 1 と第 1 結晶面 2 2 1 とのなす角度と同様である。

[0052] また、図 1 では、平坦面 2 1 が $S_i(001)$ 面である例を図示しているが、平坦面 2 1 はこの面に限定されず、 $S_i(001)$ 面が所定の角度で傾斜している面であってもよい。一例として、 $S_i(001)$ 面が $[110]$ 方向に 0° 超 54.7° 未満の角度で傾斜している面が挙げられる。このように傾斜させた面を平坦面 2 1 とすることにより、溝 2 2 のみならず、平坦面 2 1 においても、結晶欠陥を消滅または低減させることができる。その結果、より結晶欠陥が少なく、高品質な炭化ケイ素成長層 4 を形成することができる。

[0053] なお、 $S_i(001)$ 面からの傾斜角度は、 1° 以上 15° 以下であるのがより好ましく、 2° 以上 10° 以下であるのがさらに好ましい。これにより、上記効果がより顕著になり、炭化ケイ素成長層 4 のさらなる高品質化が図られる。

[0054] 溝 2 2 の周期 C（図 4 参照）は、すなわち溝 2 2 の幅 W_2 と平坦面 2 1 の

幅W1との合計は、特に限定されないが、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であるのがより好ましい。溝22の周期Cを前記範囲内に設定することにより、単結晶基板1上に成長させる炭化ケイ素成長層4の膜厚が薄い場合でも、結晶欠陥をより効率よく消滅または低減させることができる。

[0055] また、溝22の幅W2は、溝22の周期Cの5%以上95%以下であるのが好ましく、30%以上85%以下であるのがより好ましい。溝22の周期Cに対する溝22の幅W2の割合を前記範囲内に設定することにより、溝22の幅W2と平坦面21の幅W1とのバランスが最適化される。その結果、単結晶基板1上に成長させる炭化ケイ素成長層4の膜厚が薄い場合でも、結晶欠陥をより効率よく消滅または低減させることができる。

[0056] また、下地基板2を構成する単結晶が立方晶である場合、例えば、(001)面、(010)面、(001)面、(-100)面、(0-10)面、(00-1)面等は、互いに等価な面である。したがって、本願明細書におけるSi(001)面は、これらの等価な面に置き換え得る。すなわち、本願発明におけるSi(001)面は、その面のみに限定されるものではないことから、これらの等価な面をまとめて記載する場合に、代表的にSi{100}面と記載する。なお、本願明細書ではSi(001)面とその他の面や方向との間に所定の関係があることを記載しているが、Si(001)面がそれと等価な面に置き換えられた場合には、前述した所定の関係が維持されるように、その他の面や方向についても置き換えられることとなる。

[0057] 同様に、例えば、(111)面、(-111)面、(1-11)面、(11-1)面、(-1-11)面、(-11-1)面等は、互いに等価な面である。したがって、本願明細書におけるSi(111)面やSi(1-11)面は、これらの等価な面に置き換え得るため、本願では、これらの等価な面をまとめて記載する場合に、代表的にSi{111}面と記載する。なお、本願明細書ではSi(111)面やSi(1-11)面とその他の面や方向との間に所定の関係があることを記載しているが、Si(111)面やS

i (1 - 1 1) 面がそれと等価な面に置き換えられた場合には、前述した所定の関係が維持されるように、その他の面や方向についても置き換えられることとなる。

[0058] 同様に、例えば、[1 1 0] 方向、[1 0 1] 方向、[0 1 1] 方向、[1 - 1 0] 方向、[1 0 - 1] 方向、[0 1 - 1] 方向等は、互いに等価な方向である。したがって、本願明細書における[1 1 0] 方向や[1 - 1 0] 方向は、これらの等価な方向に置き換え得るため、本願では、これらの等価な方向をまとめて記載する場合に、代表的に<1 1 0>方向と記載する。なお、本願明細書では、[1 1 0] 方向や[1 - 1 0] 方向とその他の面や方向との間に所定の関係があることを記載しているが、[1 1 0] 方向や[1 - 1 0] 方向がそれと等価な方向に置き換えられた場合には、前述した所定の関係が維持されるように、その他の面や方向についても置き換えられることとなる。

[0059] ー炭化ケイ素下地膜ー

炭化ケイ素下地膜3は、下地基板2の上面2bのうち、平坦面21上に設けられている。この炭化ケイ素下地膜3は、例えばシリコン単結晶基板の表面を改質してなる炭化膜であってもよく、下地基板2の上面にSiCを成膜して得られた炭化ケイ素膜であってもよい。また、炭化ケイ素下地膜3は、平坦面21のうちの一部のみに設けられていてもよい。

[0060] 炭化ケイ素下地膜3の結晶構造は、特に限定されないが、例えば、立方晶SiC(3C-SiC)とされる。なお、3C-SiC以外の結晶、例えば、4H-SiC、6H-SiCであってもよい。

[0061] また、炭化ケイ素下地膜3の厚さは、特に限定されないが、1nm以上100nm以下であるのが好ましく、2nm以上50nm以下であるのがより好ましく、3nm以上10nm以下であるのがさらに好ましい。炭化ケイ素下地膜3の厚さを前記範囲内に設定することにより、シード層として必要かつ十分な厚さとなる。

[0062] なお、炭化ケイ素下地膜3の厚さが前記下限値を下回ると、炭化ケイ素下

地膜 3 の厚さがシード層として不十分になるおそれがある。一方、炭化ケイ素下地膜 3 の厚さが前記上限値を上回ると、炭化ケイ素下地膜 3 の厚さが厚くなり過ぎるため、エピタキシャル成長の条件等によっては、炭化ケイ素下地膜 3 の影響が炭化ケイ素成長層 4 に及んでしまうおそれがある。

[0063] また、炭化ケイ素下地膜 3 の厚さは、例えば、エリプソメトリ法等の光学的手法を用いた測定法により計測する、あるいは、単結晶基板 1 の断面を電子顕微鏡や光学顕微鏡等で観察し、観察像上において炭化ケイ素下地膜 3 の厚さを計測する、等の方法によって求められる。

[0064] また、炭化ケイ素下地膜 3 は、その全体が単結晶であることが好ましいが、必ずしもそれに限定されず、多結晶、微結晶、アモルファス晶であってもよい。

[0065] なお、炭化ケイ素下地膜 3 は、平坦面 2 1 上の他、溝 2 2 内、すなわち第 1 結晶面 2 2 1 および第 2 結晶面 2 2 2 の少なくとも一部にも設けられていてもよいが、好ましくは平坦面 2 1 上のみに設けられる。これにより、一定の密度で設けられた炭化ケイ素下地膜 3 をシード層として、溝 2 2 内に向かって結晶を成長させることができるので、結晶欠陥のより少ない結晶を成長させることができる。その結果、より高品質な炭化ケイ素成長層 4 を得ることができる。

[0066] <単結晶基板の製造方法>

次に、本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態について説明する。

[0067] 図 5 ～図 9 は、それぞれ本発明の単結晶基板の製造方法の実施形態を説明するための図である。

[0068] 本実施形態に係る単結晶基板 1 の製造方法は、単結晶母材 1 0 0 とその表面の一部に設けられている第 1 マスク 1 1 0 とを備えるマスク付き母材 1 2 0 を用意する工程と、単結晶母材 1 0 0 の表面に第 2 マスク 3 0 を設ける工程と、単結晶母材 1 0 0 にエッチング処理を施し、溝 2 2 を形成する工程と、第 1 マスク 1 1 0 を除去する工程と、を有する。このような製造方法によれば、単結晶基板 1 を効率よく製造することができる。以下、各工程につい

て順次説明する。

[0069] [1] まず、単結晶母材 100 を用意する。単結晶母材 100 は、下地基板 2 の原料となるため、例えば、前述した下地基板 2 と同様の単結晶材料が挙げられる。

[0070] 次いで、単結晶母材 100 の表面にマスク用被膜 110' を設ける。ここでは、まず、単結晶母材 100 の表面全体を覆うようにマスク用被膜 110' を成膜する（図 5 参照）。マスク用被膜 110' は、後述する単結晶母材 100 のエッチング処理において耐性を有する材料で構成される。かかる材料としては、例えば、酸化ケイ素、窒化ケイ素等が挙げられる。

[0071] 次に、マスク用被膜 110' の表面に感光性を有する被膜を形成する。そして、この感光性被膜に露光・現像処理を施すことにより、パターニングを施す。これにより、目的とする領域のみに設けられたレジスト膜 130 が得られる（図 5 参照）。

[0072] 次に、パターニングされたレジスト膜 130 を介してマスク用被膜 110' にエッチング処理を施す。これにより、マスク用被膜 110' のうち、レジスト膜 130 に覆われていない領域がエッチングされる。その結果、後述する工程において形成しようとする溝 22 に対応する領域に設けられた第 1 マスク 110 が得られる（図 6 参照）。そして、単結晶母材 100 とその表面の一部に設けられた第 1 マスク 110 とを備えるマスク付き母材 120 が得られる。

その後、レジスト膜 130 を除去する。

[0073] [2] 次に、図 7 に示すように、単結晶母材 100 の表面に第 2 マスク 30 を形成する。この第 2 マスク 30 は、単結晶母材 100 の表面のうち第 1 マスク 110 で覆われていない領域に形成される。なお、第 2 マスク 30 は、第 1 マスク 110 の表面に形成されてもよいが、図 7 では省略している。

[0074] 第 2 マスク 30 の形成方法は、特に限定されないが、例えば、単結晶母材 100 の表面を改質（炭化処理）することによって形成する方法、単結晶母材 100 の上面に炭化ケイ素を成膜して形成する方法等が挙げられる。

[0075] 炭化処理は、炭素系ガス雰囲気中で単結晶母材 100 を加熱することにより行われる。炭化処理によれば、単結晶母材 100 の一部を炭化ケイ素に転化させるため、他の方法と比較して結晶性の高い第 2 マスク 30 を形成することができる。

[0076] 炭素系ガス雰囲気は、炭素系ガスを含む処理ガスで構成される。炭素系ガスとしては、炭素を含むガスであれば限定されないものの、例えば、エチレン (C_2H_4) の他、アセチレン (C_2H_2)、プロパン (C_3H_8)、メタン (CH_4)、エタン (C_2H_6)、ノルマルブタン ($n-C_4H_{10}$)、イソブタン ($i-C_4H_{10}$)、ネオペンタン ($neo-C_5H_{12}$) 等の炭化水素系ガスが挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

[0077] また、これらの炭化水素系ガスとその他のガスとの混合ガスであってもよい。その他のガスとしては、例えば、ケイ化水素系ガス、塩化ケイ素系ガス、炭化ケイ素系ガス等が挙げられる。

[0078] さらに、これらの処理ガスに対して、キャリアガス等の任意のガスが混合されてもよい。キャリアガスとしては、例えば、水素、窒素、ヘリウム、アルゴン等が挙げられる。キャリアガスが用いられる場合、処理ガス中の炭素系ガスの濃度は、炭化処理の速度等に応じて適宜設定されるものの、一例として 0.1 体積%以上 30 体積%以下であるのが好ましく、0.3 体積%以上 5 体積%以下であるのがより好ましい。

[0079] 炭化処理における単結晶母材 100 の加熱温度は、500℃以上 1400℃以下であるのが好ましく、800℃以上 1300℃以下であるのがより好ましく、950℃以上 1200℃以下であるのがさらに好ましい。また、炭化処理における単結晶母材 100 の加熱時間は、前記加熱温度に曝される時間が 0.5 分以上であるのが好ましく、1 分以上 120 分以下であるのがより好ましく、3 分以上 90 分以下であるのがさらに好ましい。

[0080] 加熱条件を前記範囲内に設定することにより、前述したような厚さの第 2 マスク 30 を形成することができる。また、付加される熱エネルギーを最適

化することによって、炭化ケイ素への転化速度が最適化されるため、良質な第2マスク30を形成することができる。

[0081] また、炭化処理は、常圧雰囲気、加圧雰囲気または減圧雰囲気のいずれで行われてもよいが、好ましくは単結晶母材100を納めた処理室内を排気しつつ、処理ガスを導入した状態で行うようにすればよい。一例として、処理ガス中の炭素系ガスの導入量は、10sccm以上100sccm以下とされる。

[0082] 一方、炭化ケイ素の成膜処理では、例えばCVD法、蒸着法のような気相成膜法が用いられる。

[0083] [3] 次に、単結晶母材100にエッチング処理を施す。これにより溝22を形成する。

このエッチング処理では、単結晶母材100の上面のうち、第1マスク110の下方（第1マスク110に臨む領域）が除去されるようにエッチングされる。

[0084] このようなエッチング処理としては、例えば、第2マスク30を設けたマスク付き母材120をSiの昇華温度以上で加熱する処理が挙げられる。これにより、単結晶母材100に含まれるSi原子が昇華し易くなり、単結晶母材100と第1マスク110との隙間から外部に排出される。その結果、第1マスク110の下方がエッチングされ、図8に示すような溝22が形成される。

[0085] なお、加熱温度は、単結晶母材100が置かれる空間の圧力等に応じて若干異なるものの、Si原子が昇華し得る温度でかつSiの融点以下の温度とされ、900℃以上1400℃以下の範囲であればよい。また、加熱時間は前記加熱温度に応じて適時設定されるが、加熱温度に曝される時間が0.5分以上60分以下であることが好ましい。

[0086] また、マスク付き母材120の加熱は、常圧雰囲気や加圧雰囲気において行われてもよいが、減圧雰囲気または還元雰囲気において行うことが好ましい。これにより、Si原子の昇華が促進されたり、酸化が防止されるため、

単結晶母材 100 の変性を抑えつつエッチング処理を施すことができる。

[0087] この減圧雰囲気圧力は大気圧未満であれば特に限定されないが、例えば 0.5 Pa 以下とされる。

以上のようにして、第 1 マスク 110 の下方に溝 22 が形成される。

[0088] なお、単結晶母材 100 の上面のうち、第 2 マスク 30 が成膜されている領域では、エッチングが抑制される。このため、この領域には前述した平坦面 21 が形成されることとなる。

[0089] また、エッチング処理では、上記の加熱処理に代えて、第 2 マスク 30 を設けたマスク付き母材 120 をエッチングガスに曝す処理が用いられてもよい。

[0090] [4] 次に、第 1 マスク 110 を除去する。

第 1 マスク 110 の除去には、例えばエッチング処理が用いられる。

[0091] 以上のようにして図 9 に示す単結晶基板 1 が得られる。なお、図 9 に示す第 2 マスク 30 は、前述した図 1 に示す炭化ケイ素下地膜 3 として用いることができる。このため、第 2 マスク 30 については、除去されてもよいが、除去されることなく残すようにしてもよい。

[0092] <炭化ケイ素基板の製造方法>

次に、図 1 に示す炭化ケイ素基板 10 を製造する方法の一例について説明する。

[0093] 炭化ケイ素基板 10 は、単結晶基板 1 上に炭化ケイ素成長層 4 をエピタキシャル成長させることで製造される。炭化ケイ素下地膜 3 は、炭化ケイ素成長層 4 をエピタキシャル成長させるためのシード層として機能する。

[0094] 炭化ケイ素成長層 4 は、例えば処理室内に単結晶基板 1 を収納し、原料ガスを導入しつつ単結晶基板 1 を加熱することにより、炭化ケイ素下地膜 3 をシード層として成長する。その結果、図 1 に示す炭化ケイ素基板 10 が得られる。

[0095] 原料ガスとしては、炭素を含むガスとケイ素を含むガスとを所定の割合にて混合してなる混合ガス、炭素とケイ素とを所定の割合で含む炭素およびケ

イ素を含むガス、炭素を含むガスとケイ素を含むガスと炭素およびケイ素を含むガスとを所定の割合にて混合してなる複数種混合ガスが挙げられる。

[0096] このうち、炭素を含むガスとしては、例えば、エチレン (C_2H_4) の他、アセチレン (C_2H_2)、プロパン (C_3H_8)、メタン (CH_4)、エタン (C_2H_6)、ノルマルブタン ($n-C_4H_{10}$)、イソブタン ($i-C_4H_{10}$)、ネオペンタン ($neo-C_5H_{12}$) 等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0097] また、ケイ素を含むガスとしては、例えば、モノシラン (SiH_4)、ジシラン (Si_2H_6)、トリシラン (Si_3H_8)、テトラシラン (Si_4H_{10})、ジクロロシラン (SiH_2Cl_2)、テトラクロロシラン ($SiCl_4$)、トリクロロシラン ($SiHCl_3$)、ヘキサクロロジシラン (Si_2Cl_6) 等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0098] さらに、炭素およびケイ素を含むガスとしては、メチルシラン (SiH_3CH_3)、ジメチルシラン ($SiH_2(CH_3)_2$)、トリメチルシラン ($SiH(CH_3)_3$) 等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0099] また、エピタキシャル成長における加熱温度、すなわち、エピタキシャル成長時の単結晶基板1の温度は、 $600^{\circ}C$ 以上 $1400^{\circ}C$ 以下であるのが好ましく、 $800^{\circ}C$ 以上 $1350^{\circ}C$ 以下であるのがより好ましく、 $950^{\circ}C$ 以上 $1100^{\circ}C$ 以下であるのがさらに好ましい。なお、エピタキシャル成長における加熱時間は、炭化ケイ素成長層4の目的とする厚さに応じて適宜設定される。

[0100] また、エピタキシャル成長における処理室内の圧力は、特に限定されないが、 $1 \times 10^{-4} Pa$ 以上大気圧 ($100 kPa$) 以下であるのが好ましく、 $1 \times 10^{-3} Pa$ 以上 $10 kPa$ 以下であるのがより好ましい。

[0101] 以上のようにして炭化ケイ素下地膜3上に炭化ケイ素成長層4をエピタキシャル成長させることにより、高品質な炭化ケイ素成長層4を有する炭化ケ

イ素基板 10 を効率よく得ることができる。

[0102] このような高品質な炭化ケイ素基板 10 は、例えば高性能のパワーデバイスを製造可能な半導体基板として好適に用いられる。

[0103] 以上、本発明に係る単結晶基板、単結晶基板の製造方法および炭化ケイ素基板を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、本発明に係る単結晶基板および炭化ケイ素基板は、それぞれ、上述した実施形態に任意の要素が付加されたものであってもよい。また、本発明に係る単結晶基板の製造方法は、上述した実施形態に任意の工程が追加されたものであってもよい。

実施例

[0104] 次に、本発明の具体的実施例について説明する。

1. 炭化ケイ素基板の製造

(実施例 1)

<1>まず、単結晶母材として Si (001) 面を主面とする 6 インチ (直径 150 mm、厚さ 0.625 mm) のシリコンウエハーを用意した。そして、表面をフッ酸等で洗浄した。

[0105] 次に、シリコンウエハーの全面にマスク用被膜を成膜した。続いて、マスク用被膜上にレジスト膜を形成した後、マスク用被膜をエッチングした。これにより、目的とする形状にパターニングされた第 1 マスクを有するマスク付き母材を得た。

[0106] <2>次に、マスク付き母材の表面に第 2 マスクを形成した。なお、第 2 マスクの形成ではエチレンガスを使用し、1000℃で60分間加熱することにより、シリコンウエハーの表面を炭化させる処理を行った。

[0107] <3>次に、第 2 マスクを設けたマスク付き母材にエッチング処理を施した。これにより、[011] 方向に延在する溝と平坦面とが交互に並んだ下地基板を得た。このエッチング処理では、減圧雰囲気においてマスク付き母材を1000℃で30分間加熱する処理を行った。

[0108] <4>次に、エッチング処理により第 1 マスクを除去した。これにより、

下地基板と第2マスクとを備える単結晶基板を得た。

[0109] <5>次に、得られた単結晶基板上に炭化ケイ素成長層をエピタキシャル成長させた。これにより、炭化ケイ素基板を得た。なお、エピタキシャル成長では、原料ガスとしてエチレンガスおよびジクロロシランガスを使用し、1000℃で2時間加熱することにより、炭化ケイ素成長層を得るようにした。

[0110] (実施例2～21)

製造条件を表1または表2に示すように変更した以外は、実施例1と同様にして炭化ケイ素基板を得た。

[0111] (比較例1～3)

製造条件を表1に示すように変更した以外は、実施例1と同様にして炭化ケイ素基板を得た。

[0112] (比較例4)

溝の形成プロセスを省略した以外は、実施例1と同様にして炭化ケイ素基板を得た。

[0113] 2. 炭化ケイ素基板の評価

各実施例および各比較例で得られた炭化ケイ素基板について、結晶欠陥の密度を測定した。なお、結晶欠陥の密度は、炭化ケイ素基板の中心部の表面を原子間力顕微鏡 (AFM : Atomic Force Microscope) で観察することにより測定した。

[0114] 次いで、比較例4で得られた炭化ケイ素基板の結晶欠陥の密度を1としたとき、各実施例および各比較例で得られた炭化ケイ素基板の結晶欠陥の密度の相対値を算出した。そして、算出結果を以下の評価基準に照らして評価した。

[0115] <結晶欠陥の密度の評価基準>

◎ : 結晶欠陥の密度の相対値が0.5未満である

○ : 結晶欠陥の密度の相対値が0.5以上0.75未満である

△ : 結晶欠陥の密度の相対値が0.75以上1未満である

×：結晶欠陥の密度の相対値が1以上である

評価結果を表1、2に示す。

[0116] [表1]

表1

		実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	比較例	比較例	比較例	比較例
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4
単結晶基板 の製造条件	溝の幅	6	8	9	9	9	9	9	10	11	4	4	12	
	平坦面の幅	2	2	2	0.5	10	25	2	2	2	2	2	2	
	平坦面の傾斜角	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	溝なし
	溝の周期	8	10	11	9.5	19	34	11	12	13	6	6	14	
	溝の割合	75	80	82	95	47	26	82	83	85	67	67	86	
	溝の開口角	120	150	168	168	168	168	168	172	175	70.6	70.6	178	
炭化ケイ素 基板の 製造条件	炭化ケイ素下地膜 の厚さ	70	50	50	50	50	50	50	30	50	50	(50)	50	50
	炭化ケイ素成長層 の厚さ	0.5	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	結晶欠陥の密度	○	○	◎	○	◎	○	◎	◎	○	△	×	△	×

※比較例2の括弧は、炭化ケイ素下地膜を「溝」内にも設けたことを表す。

陥の密度が相対的に低いことが認められた。このことから、本発明によれば、高品質な炭化ケイ素成長層を製造し得ることが認められた。

[0119] また、表2から明らかなように、平坦面を設けた単結晶基板では、平坦面を設けない単結晶基板に比べて、エピタキシャル成長させる炭化ケイ素成長層が薄い場合でも、結晶欠陥を抑えられることが認められた。

符号の説明

[0120] 1…単結晶基板、2…下地基板、2a…下面、2b…上面、3…炭化ケイ素下地膜、4…炭化ケイ素成長層、10…炭化ケイ素基板、21…平坦面、22…溝、30…第2マスク、91…結晶欠陥、92…結晶欠陥、93…会合点、100…単結晶母材、110…マスク、110'…マスク用被膜、120…マスク付き母材、130…レジスト膜、221…第1結晶面、222…第2結晶面、C…周期、W1…幅、W2…幅、 α …角度、 θ …開口角

請求の範囲

- [請求項1] 第1結晶面と前記第1結晶面と対向する第2結晶面とを内面に含み、延在方向が $\langle 110 \rangle$ 方向である溝を複数備える下地基板を有し、前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度が 70.6° 超であることを特徴とする単結晶基板。
- [請求項2] 前記第1結晶面と前記第2結晶面とのなす角度が 100° 以上 176° 以下である請求項1に記載の単結晶基板。
- [請求項3] 前記下地基板は、さらに、前記溝同士の間には設けられている平坦面として $Si\{100\}$ 面を備える請求項1または2に記載の単結晶基板。
- [請求項4] 前記下地基板は、さらに、前記溝同士の間には設けられている平坦面として $Si\{100\}$ 面が $\langle 110 \rangle$ 方向に 0° 超 54.7° 未満の角度で傾斜している面を備える請求項1または2に記載の単結晶基板。
- [請求項5] 前記平坦面と前記第1結晶面とのなす角度は、前記平坦面と $Si\{111\}$ 面とのなす角度よりも大きい角度である請求項3または4に記載の単結晶基板。
- [請求項6] さらに、前記平坦面上に設けられている炭化ケイ素下地膜を有する請求項3ないし5のいずれか1項に記載の単結晶基板。
- [請求項7] 前記下地基板は、シリコン、多結晶炭化ケイ素またはダイヤモンドを含む請求項1ないし6のいずれか1項に記載の単結晶基板。
- [請求項8] 請求項1ないし7のいずれか1項に記載の単結晶基板を製造する方法であって、
単結晶母材とその表面の一部に設けられている第1マスクとを備えるマスク付き母材を用意する工程と、
前記単結晶母材の表面に第2マスクを設ける工程と、
前記単結晶母材にエッチング処理を施し、前記単結晶母材の表面のうち前記第1マスクに臨む領域に前記溝を形成する工程と、

前記第 1 マスクを除去する工程と、を有することを特徴とする単結晶基板の製造方法。

[請求項9]

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の単結晶基板と、

前記単結晶基板上に成膜されている炭化ケイ素成長層と、を有することを特徴とする炭化ケイ素基板。

補正された請求の範囲
[2018年11月22日(22.11.2018)国際事務局受理]

- [請求項1] (削除)
- [請求項2] (削除)
- [請求項3] (削除)
- [請求項4] (削除)
- [請求項5] (削除)
- [請求項6] (削除)
- [請求項7] (削除)
- [請求項8] (補正後) 第1結晶面と、前記第1結晶面に対する角度が 70.6° を超える第2結晶面と、 $\langle 110 \rangle$ 方向に伸びる溝を複数有する下地基板を含む単結晶基板を製造する方法であって、
単結晶母材と、前記単結晶母材の表面の一部に設けられている第1マスク付き母材を用意する工程と、
前記単結晶母材の表面に第2マスクを設ける工程と、
前記単結晶母材をエッチングし、前記単結晶母材の表面のうち前記第1マスクに臨む領域に前記溝を形成する工程と、
前記第1マスクを除去する工程と、を有することを特徴とする単結晶基板の製造方法。
- [請求項9] (補正後) 請求項8に記載の製造方法で製造された単結晶基板と、
前記単結晶基板上に成膜されている炭化ケイ素成長層と、を有することを特徴とする炭化ケイ素基板。

条約第 19 条（1）に基づく説明書

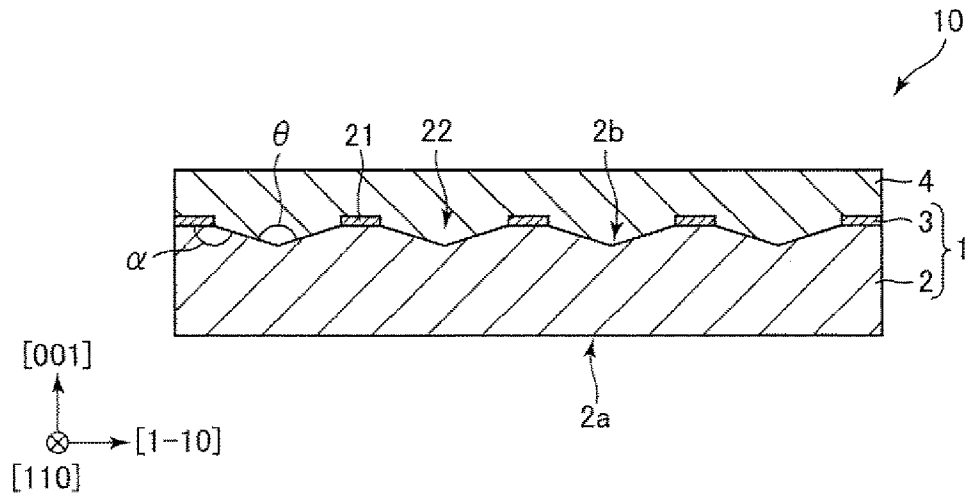
補正後の請求の範囲第 8 項及び第 9 項は、それぞれ出願時の第 8 項及び第 9 項に基づくものである。

引用文献には、補正後の請求の範囲第 8 項に記載する発明は開示されていない。

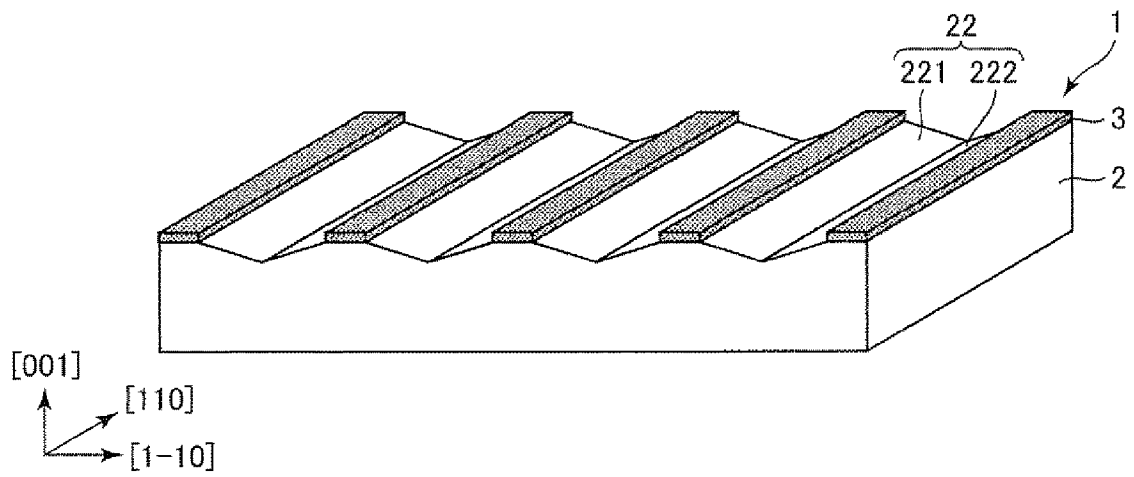
出願時の請求の範囲第 1 項乃至第 7 項は削除した。

また、第 9 項の従属先を変更する補正を行った。

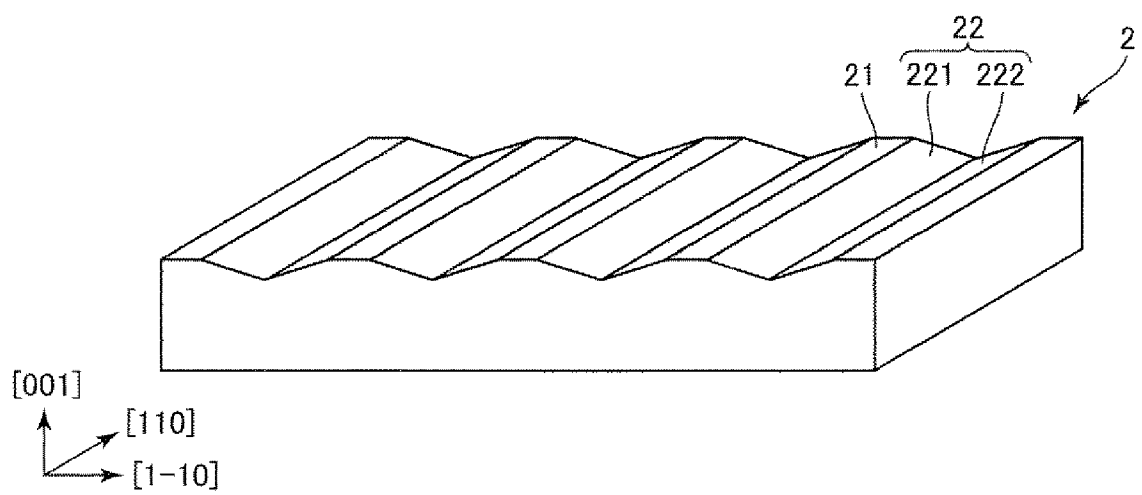
[図1]



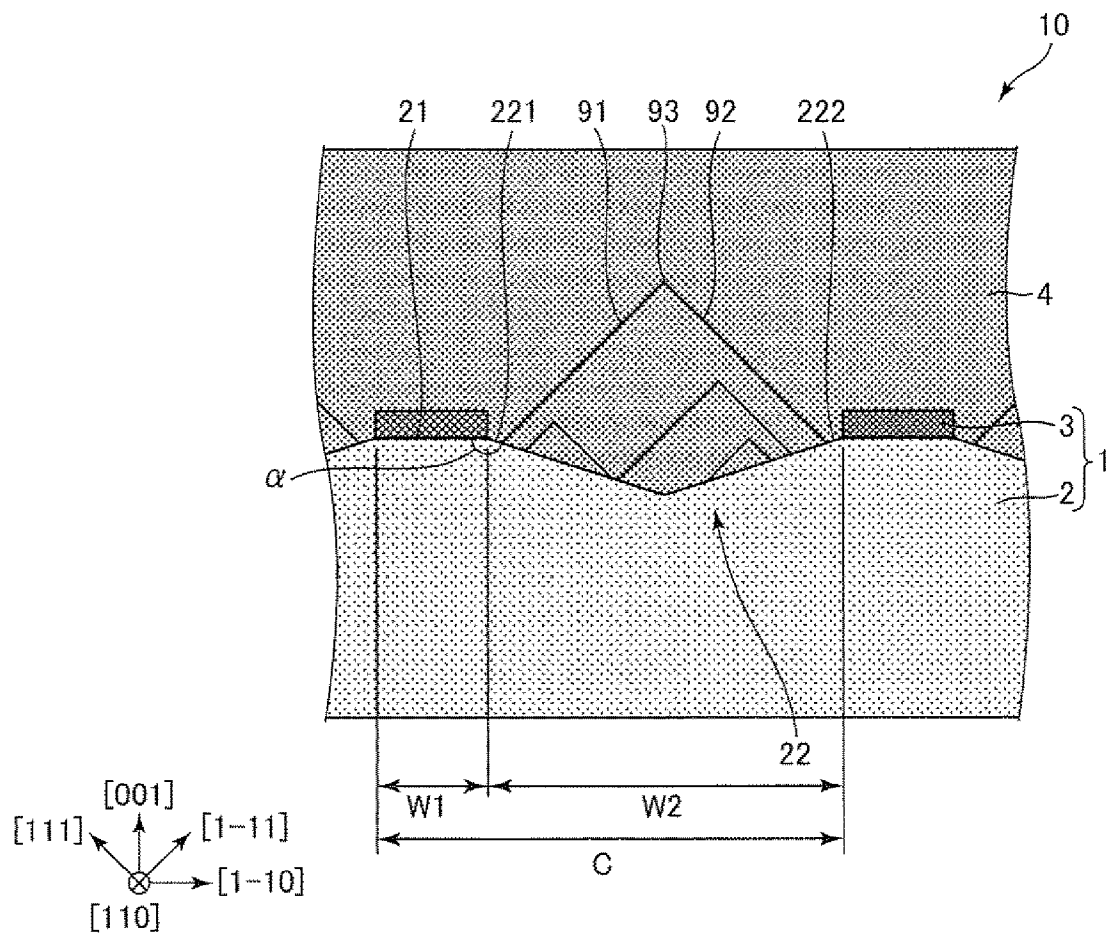
[図2]



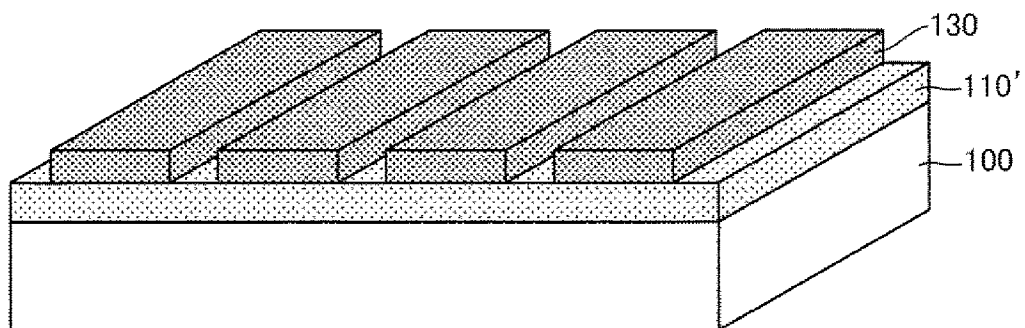
[図3]



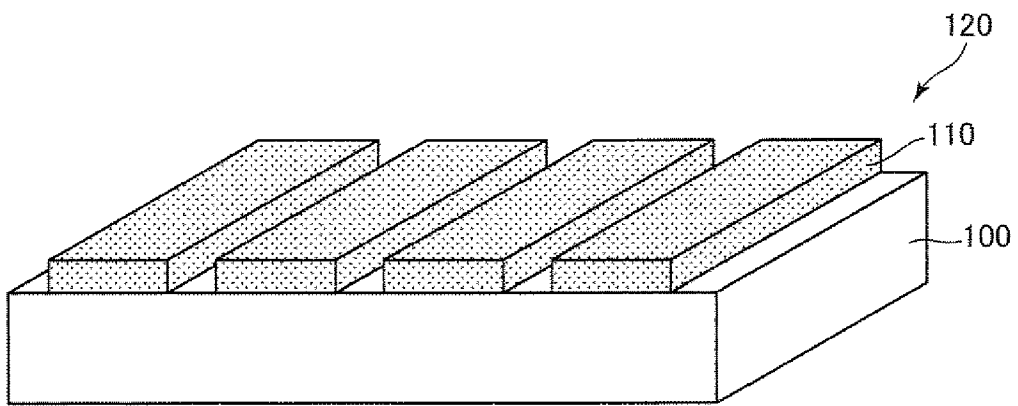
[図4]



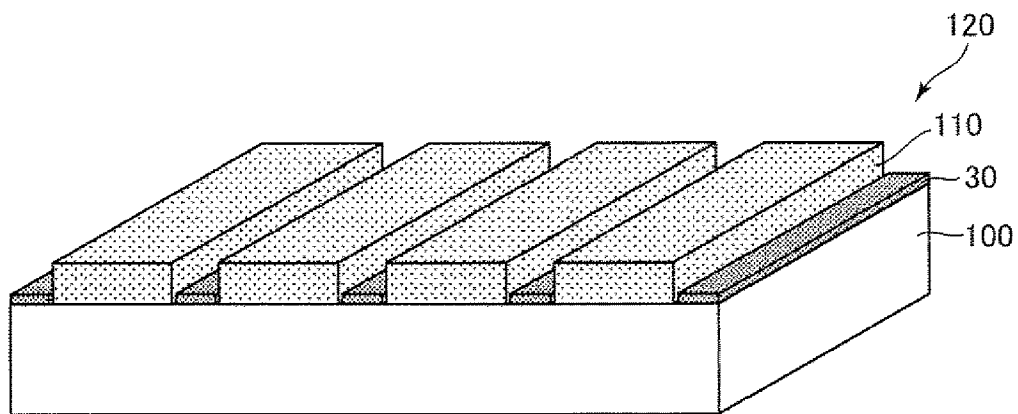
[図5]



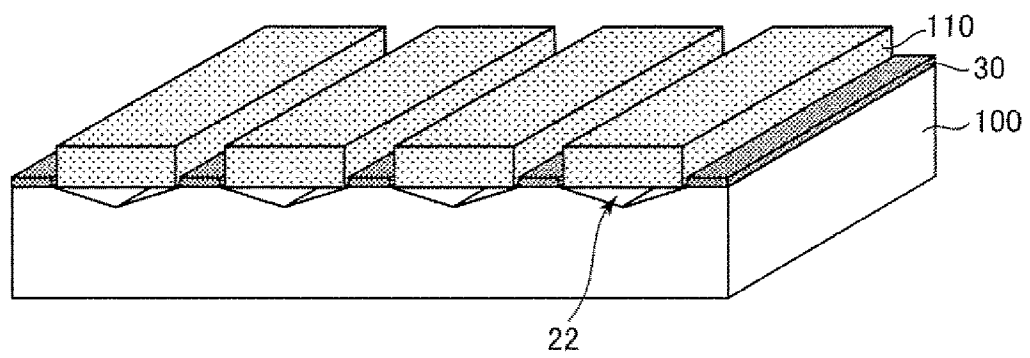
[図6]



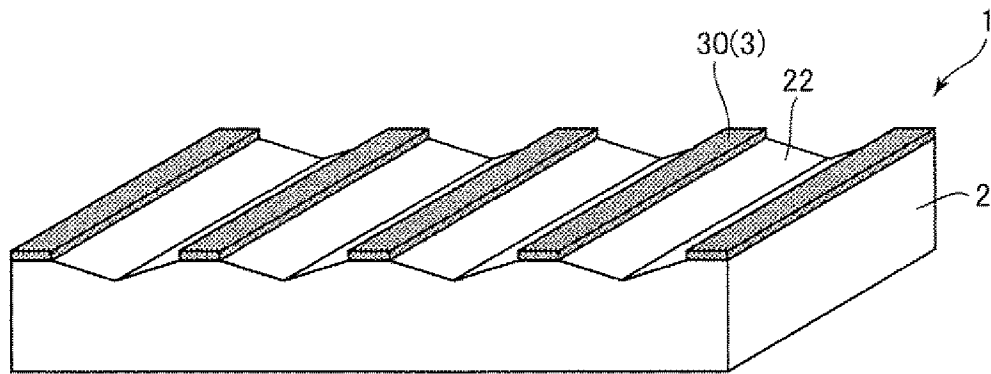
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024615

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C30B29/36 (2006.01) i, C23C16/42 (2006.01) i, C30B25/18 (2006.01) i,
C30B29/04 (2006.01) i, C30B29/06 (2006.01) i, H01L21/205 (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)

Int.Cl. C30B29/36, C23C16/42, C30B25/18, C30B29/04, C30B29/06, H01L21/205

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2004-189598 A (HOYA CORP.) 08 July 2004, paragraphs [0001]-[0077], fig. 2-3, 7 & JP 2000- 178740 A & US 2002/0035960 A1, paragraphs [0001]- [0107], fig. 2-3, 7 & US 2002/0124793 A1 & EP 1130135 A1 & EP 1840249 A2 & DE 60035853 T	1-2, 7, 9 3-7, 9 8
Y A	JP 2006-196631 A (HITACHI, LTD.) 27 July 2006, paragraphs [0021]-[0023], [0033], fig. 1-2, 6-9 & US 2006/0169987 A1, paragraphs [0049]-[0052], [0062], fig. 1-2E, 6-9	3-7, 9 1-2, 8

☐

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

"I" 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
14 September 2018 (14.09.2018)

Date of mailing of the international search report
02 October 2018 (02.10.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C30B29/36(2006.01)i, C23C16/42(2006.01)i, C30B25/18(2006.01)i, C30B29/04(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, H01L21/205(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. C30B29/36, C23C16/42, C30B25/18, C30B29/04, C30B29/06, H01L21/205

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 Y A	JP 2004-189598 A (H O Y A株式会社) 2004.07.08, 段落[0001] - [0077], [図2] - [図3], [図7] & JP 2000-178740 A & US 2002/0035960 A1, 段落[0001] - [0107], 図2-3, 7 & US 2002/0124793 A1 & EP 1130135 A1 & EP 1840249 A2 & DE 60035853 T	1-2, 7, 9 3-7, 9 8
Y A	JP 2006-196631 A (株式会社日立製作所) 2006.07.27, 段落[0021] - [0023], [0033], [図1] - [図2], [図6] - [図9] & US 2006/0169987 A1, 段落[0049] - [0052], [0062], 図1-2E, 6-9	3-7, 9 1-2, 8

❑ 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

14.09.2018

国際調査報告の発送日

02.10.2018

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)

宮崎 園子

4G

9277

電話番号 03-3581-1101 内線 3416