

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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

region is divided into a plurality of square regions each having a side length of 10 mm, the plurality of square regions are composed of a first square region, which is nearest to the projection, and second square regions, which are a plurality of square regions other than the first square regions. The first square region has an LTV greater than the LTV of each of the plurality of square regions constituting the second square regions. The LTV of the first square region is 2 μ m or less.

(57) 要約: 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板は、炭化珪素基板と、炭化珪素エピタキシャル層とを有している。炭化珪素エピタキシャル層は、第1主面を有している。第1主面において、炭化珪素によって構成されている突起がある。第1主面は、外縁と、外周領域と、中央領域とによって構成されている。中央領域を1辺の長さが10 mmである複数の正方領域に区分した場合、複数の正方領域は、突起に最も近い第1正方領域と、第1正方領域以外の複数の正方領域である第2正方領域とによって構成されている。第1正方領域のLTVは、第2正方領域を構成する複数の正方領域の各々のLTVよりも大きい。第1正方領域のLTVは、2 μ m以下である。

明 細 書

発明の名称：

炭化珪素エピタキシャル基板、炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法および炭化珪素半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、炭化珪素エピタキシャル基板、炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法および炭化珪素半導体装置の製造方法に関する。本出願は、2023年6月29日に出願した日本特許出願である特願2023-107032号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

背景技術

[0002] 特開2019-151543号公報（特許文献1）には、第1主面とそれに対向する第2主面を持つ炭化珪素基板を準備する工程と、前記第2主面の表面粗さが20nm以上となるよう研磨加工する工程と、第1主面に炭化珪素層をエピタキシャル結晶成長する工程とを有する炭化珪素エピタキシャルウェハの製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-151543号公報

発明の概要

[0004] 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板は、炭化珪素基板と、炭化珪素エピタキシャル層とを備えている。炭化珪素エピタキシャル層は、炭化珪素基板上に設けられている。炭化珪素エピタキシャル層は、第1主面を含んでいる。第1主面は、炭化珪素基板と炭化珪素エピタキシャル層との界面の反対にある。第1主面において、炭化珪素によって構成されている突起がある。第1主面は、外縁と、外周領域と、中央領域とによって構成されている。外周領域は、外縁から3mm以内の領域である。中央領域は、外周領域に取

り囲まれている。中央領域を1辺の長さが10mmである複数の正方領域に区分した場合、複数の正方領域は、突起に最も近い第1正方領域と、第1正方領域以外の複数の正方領域である第2正方領域とによって構成されている。第1正方領域のLTVは、第2正方領域を構成する複数の正方領域の各々のLTVよりも大きい。第1正方領域のLTVは、 $2\mu\text{m}$ 以下である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、本実施形態に係る炭化珪素基板の構成を示す平面模式図である。

[図2]図2は、図1のI-I'線に沿った断面模式図である。

[図3]図3は、図1のIII-III'線に沿う拡大断面模式図である。

[図4]図4は、LTVの測定領域を示す平面模式図である。

[図5]図5は、LTVの定義を説明する模式図である。

[図6]図6は、炭化珪素エピタキシャル基板の製造装置の構成を示す一部断面模式図である。

[図7]図7は、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法を概略的に示すフロー図である。

[図8]図8は、第1裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程を示す断面模式図である。

[図9]図9は、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程を示す断面模式図である。

[図10]図10は、三角欠陥の構成を示す底面模式図である。

[図11]図11は、第2炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程を示す断面模式図である。

[図12]図12は、第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程を示す断面模式図である。

[図13]図13は、機械研磨装置の構成を示す断面模式図である。

[図14]図14は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法を概略的に示すフロー図である。

[図15]図 1 5 は、炭化珪素エピタキシャル基板を準備する工程を示す断面模式図である。

[図16]図 1 6 は、ボディ領域を形成する工程を示す断面模式図である。

[図17]図 1 7 は、ソース領域を形成する工程を示す断面模式図である。

[図18]図 1 8 は、炭化珪素エピタキシャル層の第 1 主面にトレンチを形成する工程を示す断面模式図である。

[図19]図 1 9 は、ゲート絶縁膜を形成する工程を示す断面模式図である。

[図20]図 2 0 は、ゲート電極および層間絶縁膜を形成する工程を示す断面模式図である。

[図21]図 2 1 は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の構成を示す断面模式図である。

[図22]図 2 2 は、突起が研磨ヘッドに接している状態を示す断面模式図である。

[図23]図 2 3 は、第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程後且つ第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程前における複数の正方領域の各々の L T V の測定結果を示す模式図である。

[図24]図 2 4 は、第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程後における複数の正方領域の各々の L T V の測定結果を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

本開示の目的は、炭化珪素半導体装置の歩留まりを向上することができる炭化珪素エピタキシャル基板、炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法および炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することである。

[0007] [本開示の効果]

本開示によれば、炭化珪素半導体装置の歩留まりを向上することができる炭化珪素エピタキシャル基板、炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法および炭化珪素半導体装置を提供することができる。

[0008] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

- [0009] (1) 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板は、炭化珪素基板と、炭化珪素エピタキシャル層とを備えている。炭化珪素エピタキシャル層は、炭化珪素基板上に設けられている。炭化珪素エピタキシャル層は、第1主面を有している。第1主面は、炭化珪素基板と炭化珪素エピタキシャル層との界面の反対にある。第1主面において、炭化珪素によって構成されている突起がある。第1主面は、外縁と、外周領域と、中央領域とによって構成されている。外周領域は、外縁から3 mm以内の領域である。中央領域は、外周領域に取り囲まれている。中央領域を1辺の長さが10 mmである複数の正方領域に区分した場合、複数の正方領域は、突起に最も近い第1正方領域と、第1正方領域以外の複数の正方領域である第2正方領域とによって構成されている。第1正方領域のLTVは、第2正方領域を構成する複数の正方領域の各々のLTVよりも大きい。第1正方領域のLTVは、2 μ m以下である。
- [0010] (2) 上記(1)に係る炭化珪素エピタキシャル基板によれば、第1正方領域のLTVは、1.5 μ m以下であってもよい。
- [0011] (3) 上記(1)または(2)に係る炭化珪素エピタキシャル基板によれば、炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、10 μ m以上30 μ m以下であってもよい。
- [0012] (4) 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板は、炭化珪素基板と、炭化珪素エピタキシャル層とを有している。炭化珪素エピタキシャル層は、炭化珪素基板上に設けられている。炭化珪素エピタキシャル層は、第1主面を有している。第1主面は、炭化珪素基板と炭化珪素エピタキシャル層との界面の反対にある。炭化珪素基板は、第2主面を有している。第2主面は、界面の反対にある。第1主面は、外縁と、外周領域と、中央領域とによって構成されている。外周領域は、外縁から3 mm以内の領域である。中央領域は、外周領域に取り囲まれている。中央領域を1辺の長さが10 mmである複数の正方領域に区分した場合、複数の正方領域におけるLTVの最大値は、

2 μm 以下である。

[0013] (5) 上記 (4) に係る炭化珪素エピタキシャル基板によれば、複数の正方領域における LTV の最大値は、1.5 μm 以下であってもよい。

[0014] (6) 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法は、第1裏面と第1裏面の反対にある第1表面とを有する第1炭化珪素基板を準備する工程と、第1裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程と、第1表面に接している第1炭化珪素エピタキシャル層を形成し且つ第1裏面および炭化珪素粒子に接している第2炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程とを備えている。第1炭化珪素エピタキシャル層および第2炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程において、炭化珪素粒子を起点として第2炭化珪素エピタキシャル層に三角欠陥が形成される。本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法は、第2炭化珪素エピタキシャル層にある三角欠陥を用いて第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みを測定する工程と、測定された第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みに基づいて研磨量を決定する工程と、第2裏面と第2裏面の反対にある第2表面とを有する第2炭化珪素基板を準備する工程と、第2表面に接している第3炭化珪素エピタキシャル層を形成し且つ第2裏面に接している第4炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程と、研磨量に基づいて第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程とをさらに備えている。

[0015] (7) 上記 (6) に係る炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法によれば、第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、1 μm 未満であってもよい。研磨量は、8.5 μm 以上 12.5 μm 以下であってもよい。

[0016] (8) 上記 (6) に係る炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法によれば、第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、1 μm 以上 2 μm 以下であってもよい。研磨量は、11 μm 以上 16.5 μm 以下であってもよい。

[0017] (9) 本開示に係る炭化珪素半導体装置の製造方法は、以下の工程を有している。上記 (1) から (5) のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板が準備される。炭化珪素エピタキシャル層上に電極が形成される。

[0018] [本開示の実施形態の詳細]

以下、図面に基づいて、本開示の実施形態の詳細について説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。本明細書中の結晶学的記載においては、個別方位を $[\]$ 、集合方位を $\langle \rangle$ 、個別面を $(\)$ 、集合面を $\{ \}$ でそれぞれ示している。また、負の指数については、結晶学上、“ $-$ ”（バー）を数字の上に付けることになっているが、本明細書中では、数字の前に負の符号を付けている。

[0019] まず、本実施形態に係る炭化珪素基板の構成について説明する。図1は、本実施形態に係る炭化珪素基板の構成を示す平面模式図である。図2は、図1の $1-1$ 線に沿った断面模式図である。

[0020] 図1および図2に示されるように、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100は、第1主面1と、第2主面2と、外周側面9とを主に有している。第2主面2は、第1主面1の反対にある。外周側面9は、第1主面1および第2主面2の各々と連なっている。第1主面1は、外縁6において外周側面9に連なっている。

[0021] 図1に示されるように、第1主面1は、外縁6と、外周領域11と、中央領域12とによって構成されている。外周領域11は、外縁6から3mm以内の領域である。第1主面1に対して垂直な直線に沿って見て、外縁6と、外周領域11と中央領域12との境界との距離Eは3mmである。別の観点から言えば、第1主面1の中心Oから放射状に延びる方向（径方向）における外周領域11の幅（距離E）は、3mmである。

[0022] 中央領域12は、外周領域11に取り囲まれている。中央領域12は、外周領域11に連なっている。中央領域12は、外縁6からの距離が3mmより大きい領域である。炭化珪素エピタキシャル基板100は、たとえば六方晶炭化珪素によって構成されている。六方晶炭化珪素のポリタイプは、たとえば4Hである。

[0023] 図1に示されるように、外周側面9は、たとえばオリエンテーションフラ

ット部 7 と、円弧状部 8 とを有している。図 1 に示されるように、第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、オリエンテーションフラット部 7 は、直線状である。第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、オリエンテーションフラット部 7 は、第 1 方向 101 に沿って延在していてもよい。円弧状部 8 は、オリエンテーションフラット部 7 に連なっている。第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、円弧状部 8 は、円弧状である。第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、第 1 主面 1 の中心 O は、円弧状部 8 に沿った円弧を含む円の中心である。

[0024] 図 1 に示されるように、第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、第 1 主面 1 は、第 1 方向 101 および第 2 方向 102 の各々に沿って拡がっている。第 1 方向 101 に垂直な直線に沿って見て、第 2 方向 102 は、第 1 方向 101 に対して垂直な方向である。

[0025] 第 1 方向 101 は、たとえば $\langle 11-20 \rangle$ 方向である。第 1 方向 101 は、たとえば $[11-20]$ 方向であってもよい。第 1 方向 101 は、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向を第 1 主面 1 に射影した方向であってもよい。別の観点から言えば、第 1 方向 101 は、たとえば $\langle 11-20 \rangle$ 方向成分を含む方向であってもよい。

[0026] 第 2 方向 102 は、たとえば $\langle 1-100 \rangle$ 方向である。第 2 方向 102 は、たとえば $[1-100]$ 方向であってもよい。第 2 方向 102 は、たとえば $\langle 1-100 \rangle$ 方向を第 1 主面 1 に射影した方向であってもよい。別の観点から言えば、第 2 方向 102 は、たとえば $\langle 1-100 \rangle$ 方向成分を含む方向であってもよい。

[0027] 第 1 主面 1 の最大径 W（直径）は、特に限定されないが、たとえば 100 mm（4 インチ）以上である。最大径 W は、125 mm（5 インチ）以上であってもよいし、150 mm（6 インチ）以上であってもよいし、200 mm（8 インチ）以上であってもよい。最大径 W は、たとえば 400 mm（16 インチ）以下であってもよい。第 1 主面 1 に垂直な直線に沿って見て、最大径 W は、外縁 6 上の異なる 2 点間の最長直線距離である。

- [0028] 本明細書において、４インチは、１００mm又は１０１．６mm（４インチ×２５．４mm／インチ）のことである。６インチは、１５０mm又は１５２．４mm（６インチ×２５．４mm／インチ）のことである。８インチは、２００mm又は２０３．２mm（８インチ×２５．４mm／インチ）のことである。１６インチは、４００mm又は４０６．４mm（１６インチ×２５．４mm／インチ）のことである。
- [0029] 図２に示されるように、第３方向１０３は、第２主面２から第１主面１に向かう方向である。第３方向１０３は、第１方向１０１および第２方向１０２の各々に垂直である。図２に示される断面は、第１主面１に対して垂直であり、かつ第１方向１０１に平行である。
- [0030] 図２に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板１００は、炭化珪素基板３０と、炭化珪素エピタキシャル層４０とを有している。炭化珪素基板３０は、第２主面２と、第３主面３とを有している。
- [0031] 第２主面２は、炭化珪素エピタキシャル基板１００の裏面である。第２主面２は、炭化珪素基板３０と、炭化珪素エピタキシャル層４０との界面５の反対にある。第２主面２は、研磨面である。第２主面２において、たとえばスクラッチ（図示せず）が形成されている。スクラッチは、機械研磨および化学機械研磨の際に形成される傷である。第２主面２に垂直な直線に沿って見て、スクラッチの形状は、たとえば線状である。第２主面２に垂直な直線に沿って見て、スクラッチの長手方向におけるスクラッチの長さを、スクラッチの短手方向におけるスクラッチの長さで割った値は、たとえば７以上であってもよいし、１０以上であってもよいし、１５以上であってもよい。第２主面２において、三角欠陥が形成されていなくてもよい。三角欠陥の詳細な構成は後述する。
- [0032] 第３主面３は、第２主面２の反対にある。第３主面３において、炭化珪素基板３０は、炭化珪素エピタキシャル層４０に接している。炭化珪素基板３０は、たとえば窒素などのｎ型不純物を含んでいる。炭化珪素基板３０の導電型は、たとえばｎ型である。炭化珪素基板３０を構成する炭化珪素のポリ

タイプは、たとえば4Hである。

[0033] 第3方向103において、炭化珪素基板30の厚み（第2厚みH2）は、たとえば200 μm 以上600 μm 以下である。第2厚みH2は、特に限定されない。第2厚みH2は、たとえば500 μm 以下であってもよいし、350 μm 以下であってもよい。

[0034] 炭化珪素エピタキシャル層40は、炭化珪素基板30上に設けられている。炭化珪素エピタキシャル層40は、第1主面1を有している。第1主面1は、炭化珪素エピタキシャル基板100の表面である。第1主面1は、界面5の反対にある。

[0035] 第3方向103において、炭化珪素エピタキシャル層40の厚み（第1厚みH1）は、たとえば10 μm 以上30 μm 以下である。第1厚みH1は、たとえば13 μm 以上であってもよいし、18 μm 以上であってもよい。第1厚みH1は、たとえば27 μm 以下であってもよいし、22 μm 以下であってもよい。

[0036] 第1厚みH1は、たとえばFTIR (Fourier Transform Infrared spectrometer) を用いて測定することができる。測定装置は、たとえば島津製作所製フーリエ変換赤外分光光度計 (IR Prestige-21) である。FTIRによる炭化珪素層エピタキシャル層の厚みの測定は、炭化珪素エピタキシャル層40と炭化珪素基板30との間のキャリア濃度差により生じる光学定数差を利用して求められる。測定波数範囲は、たとえば3400 cm^{-1} から2400 cm^{-1} までの範囲である。波数間隔は、たとえば4 cm^{-1} 程度である。

[0037] 炭化珪素エピタキシャル層40は、バッファ層41と、ドリフト層42とを有している。ドリフト層42は、1層であってもよいし、2層以上であってもよい。炭化珪素エピタキシャル層40を構成する炭化珪素のポリタイプは、たとえば4Hである。

[0038] バッファ層41は、炭化珪素基板30上に設けられている。バッファ層41は、炭化珪素基板30に接している。バッファ層41は、たとえば窒素な

どのn型不純物を含んでいる。バッファ層41の導電型は、たとえばn型である。第3方向103におけるバッファ層41の厚みは、たとえば1 μ m以上である。

[0039] ドリフト層42は、バッファ層41上に設けられている。ドリフト層42は、バッファ層41に接している。ドリフト層42は、第1主面1を構成している。ドリフト層42は、たとえば窒素などのn型不純物を含んでいる。ドリフト層42の導電型は、たとえばn型である。ドリフト層42におけるn型不純物の濃度は、たとえばバッファ層41におけるn型不純物の濃度より小さい。第3方向103におけるドリフト層42の厚みは、たとえば10 μ m以上である。

[0040] 図2に示されるように、第1主面1は、{0001}面に対して傾斜した面である。{0001}面に対する第1主面1のオフ角 θ は、たとえば0°より大きく8°以下である。具体的には、第1主面1は、(0001)面に対してオフ角 θ だけ傾斜した面であってもよい。第1主面1は、(000-1)面に対してオフ角 θ だけ傾斜した面であってもよい。{0001}面に対する第1主面1の傾斜方向(オフ方向)は、たとえば<11-20>方向である。オフ角 θ は、特に限定されない。オフ角 θ は、たとえば7°以下であってもよいし、6°以下であってもよいし、5°以下であってもよい。オフ角 θ は、たとえば1°以上であってもよいし、2°以上であってもよい。

[0041] 図3は、図1の| | | - | | |線に沿う拡大断面模式図である。図3に示される断面は、第3方向103および径方向の各々に平行な断面である。図1および図3に示されるように、第1主面1において、突起60がある。突起60は、たとえば外周領域11にある。突起60は、中央領域12にあってもよい。なお、説明の便宜のため、図1において、突起60は黒い丸を用いて示されている。

[0042] 図3に示されるように、突起60は、第3方向103に沿って凸状である。突起60の一部は、外周側面9に対して径方向外側に位置していてもよい。突起60は、外縁6(図1参照)の一部を覆っていてもよい。突起60は

、炭化珪素によって構成されている。突起60は、たとえばエピクラウンまたはパーティクルである。第1主面1から第2主面2に向かう方向に見て、突起60の形状は、たとえば円形状である。第3方向103および径方向の各々に平行な断面において、径方向における突起60の幅は、第1幅F1とされる。

[0043] 突起60は、凸面66を構成している。凸面66は、第3方向103に沿って凸状である。凸面66は、第1主面1の一部を構成している。凸面66は、外周側面9に連なっている。第1主面1は、第1平坦面81と、第2平坦面82とを有している。第1平坦面81は、凸面66に連なっている。第1平坦面81は、第1方向101および第2方向102の各々に沿って広がっている。

[0044] 第2平坦面82は、第1平坦面81に連なっている。第2平坦面82は、凸面66から離間している。第1主面1から第2主面2に向かう方向に見て、第1平坦面81は、第2平坦面82と突起60との間に設けられている。

[0045] 第3方向103において、第1平坦面81および第2平坦面82からの距離が最大となる凸面66上の点は、頂点61とされる。頂点61は、突起60の頂点である。突起60の高さD1は、たとえば5 μ m以上であり、高さD1の上限は特に規定されない。高さD1は、第3方向103における頂点61と第1平坦面81および第2平坦面82との間の距離である。

[0046] 図3に示されるように、第2主面2は、凹面69と、第3平坦面83とを有している。凹面69は、突起60の反対にある。凹面69は、第1平坦面81の反対にある。別の観点から言えば、第1平坦面81は、凹面69の反対にある第1主面1の部分である。

[0047] 頂点61を通り且つ第3方向103に沿って延びる仮想直線99は、凹面69を通っている。第3方向103に見て、凹面69は、仮想直線99を取り囲んでいる。第3方向103および径方向の各々に平行な断面において、凹面69は、径方向に対して第3方向103に傾斜している。凹面69は、凹部67を構成している。第3方向103における凹面69の深さD2は、

突起60の高さD1よりも大きくてもよい。

[0048] 図3に示されるように、第3方向103および径方向の各々に平行な断面において、径方向における凹面69の幅は、第2幅F2とされる。第2幅F2は、第1幅F1よりも大きい。第2幅F2を第1幅F1で割った値は、たとえば10以上1000以下である。第2幅F2は、たとえば5mmである。第2幅F2は、たとえば1mm以上20mm以下であってもよい。

[0049] 第3平坦面83は、凹面69に連なっている。第3平坦面83は、第1方向101および第2方向102の各々に沿って広がっている。第3平坦面83は、第2平坦面82の反対にある。別の観点から言えば、第2平坦面82は、第3平坦面83の反対にある第1主面1の部分である。凹面69は、第3平坦面83に対して第3方向103に傾斜している。径方向に垂直であり且つ第3方向103に平行な断面において、凹面69は、第3方向103に沿って凹状である。

[0050] <炭化珪素エピタキシャル基板のLTV>

次に、炭化珪素エピタキシャル基板100のLTV (Local Thickness Variation) の測定方法について説明する。LTVは、たとえばCorning Tropel社製の「Tropel FlatMaster (商標)」を用いて測定可能である。

[0051] 図4は、LTVの測定領域を示す平面模式図である。説明の便宜のため、図4において、突起60が黒い丸で示されている。図4に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板100の中央領域12が、複数の正方領域50に区分される。第1主面1に垂直な直線に沿って見て、複数の正方領域50の各々の形状は、実質的に正方形である。複数の正方領域50の各々の1辺の長さは、第1長さC1とされる。第1長さC1は10mmである。第1主面1の最大径W (図1参照) は、たとえば150mmである。まず、外周側面9に外接する150mm×150mmの正方形が想定される。150mm×150mmの正方形は、10mm×10mmの正方領域 (15×15=225個) に区分される。

[0052] 第1主面1に垂直な直線に沿って見て、中央領域12の内部にある正方領域50の数は、たとえば141個である。第1主面1に垂直な直線に沿って見て、外周領域11と中央領域12との境界と交差する正方領域は、一部が欠けており完全な正方領域とはならない。そのため、外周領域11と中央領域12との境界と交差する正方領域は、中央領域12を構成する正方領域50とはみなされない。なお、第1主面1に垂直な直線に沿って見て、複数の正方領域50の各々の一辺は、オリエンテーションフラット部7の延在方向に平行である。複数の正方領域50の各々において、LTVが測定される。

[0053] 複数の正方領域50は、第1正方領域51と、複数の第2正方領域52とによって構成されている。第1正方領域51は、突起60に最も近い正方領域50である。具体的には、第1主面1に垂直な直線に沿って見て、突起60の頂点61（図3参照）に最も近い正方領域50が、第1正方領域51とされる。第1主面1に垂直な直線に沿って見て、頂点61が複数の正方領域50の内部にある場合、頂点61が位置している正方領域50が第1正方領域51とされる。なお、第1主面1において複数の突起がある場合、高さD1が最も高い突起が上述の突起60として特定される。

[0054] 第1正方領域51は、第1平坦面81（図3参照）の少なくとも一部を含んでいてもよい。第1正方領域51は、凸面66（図3参照）の少なくとも一部を含んでいてもよい。図4において、斜線が付されている領域は、第1正方領域51を示している。

[0055] 複数の第2正方領域52は、第1正方領域51以外の複数の正方領域50である。複数の第2正方領域52の数は、たとえば140個である。複数の第2正方領域52は、第1正方領域51に連なっている。

[0056] 次に、LTVの定義について説明する。図5は、LTVの定義を説明する模式図である。

[0057] $LTV = |T1 - T2| \cdots$ （数式1）

LTVは、たとえば以下の手順で測定される。まず、炭化珪素エピタキシャル基板100が準備される。第1主面1または第2主面2のいずれか一方

は、平坦なチャック面に吸着される吸着面Bとされる。吸着面Bの反対側の面は、測定面Aとされる。

[0058] 吸着面Bが、チャック面に全面吸着される。次に、吸着面Bの反対側にある測定面Aの画像が光学的に取得される。図5および数式1に示されるように、LTVとは、平坦なチャック面に吸着面Bを全面吸着させた状態で、吸着面Bから測定面Aの最高点P1までの高さ（最高高さT1）から、吸着面Bから測定面Aの最低点P2までの高さ（最低高さT2）を差し引いた値である。言い換えれば、LTVは、吸着面Bに対して垂直な方向において、測定面Aと吸着面Bとの最長距離から、測定面Aと吸着面Bとの最短距離を差し引いた値である。つまり、LTVは、最高点P1を通りかつ吸着面Bと平行な平面（第1平面L1）と、最低点P2を通りかつ吸着面Bと平行な平面（第2平面L2）との間の距離である。

[0059] 複数の正方領域50におけるLTVの最大値は、 $2\mu\text{m}$ 以下である。複数の正方領域50におけるLTVの最大値は、たとえば $1.5\mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $1.3\mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $1.1\mu\text{m}$ 以下であってもよい。複数の正方領域50におけるLTVの最大値は、たとえば $0.1\mu\text{m}$ 以上であってもよいし、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0060] 第1正方領域51のLTVは、 $2\mu\text{m}$ 以下である。第1正方領域51のLTVは、たとえば $1.5\mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $1.3\mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $1.1\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第1正方領域51のLTVは、たとえば $0.1\mu\text{m}$ 以上であってもよいし、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0061] 第2正方領域52の各々のLTVは、たとえば $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。第1正方領域51のLTVは、複数の第2正方領域52の各々のLTVよりも大きい。別の観点から言えば、複数の正方領域50において、第1正方領域51は最もLTVが大きい正方領域50である。

[0062] （炭化珪素エピタキシャル基板の製造装置）

次に、炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置の構成について説明

する。図6は、炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置の構成を示す一部断面模式図である。炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置200は、たとえばホットウォール方式の横型CVD（Chemical Vapor Deposition）装置である。図6に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置200は、反応室201と、ガス供給部235と、制御部245と、発熱体203と、石英管204と、断熱材（図示せず）と、誘導加熱コイル（図示せず）とを主に有している。

[0063] 発熱体203は、たとえば筒状の形状を有しており、内部に反応室201を形成している。発熱体203は、たとえば黒鉛製である。発熱体203は、石英管204の内部に設けられている。断熱材は、発熱体203の外周を取り囲んでいる。誘導加熱コイルは、たとえば石英管204の外周面に沿って巻回されている。誘導加熱コイルは、外部電源（図示せず）により、交流電流が供給可能に構成されている。これにより、発熱体203が誘導加熱される。結果として、反応室201が発熱体203により加熱される。

[0064] 反応室201は、発熱体203の内壁面205に取り囲まれて形成された空間である。反応室201には、炭化珪素基板30を保持するサセプタ210が設けられる。サセプタ210は、炭化珪素によって構成されている。炭化珪素基板30は、サセプタ210に載置される。サセプタ210は、ステージ202上に配置される。ステージ202は、回転軸209によって自転可能に支持されている。ステージ202が回転することで、サセプタ210が回転する。

[0065] 炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置200は、ガス導入口207およびガス排気口208をさらに有している。ガス排気口208は、図示しない排気ポンプに接続されている。図6中の矢印は、ガスの流れを示している。ガスは、ガス導入口207から反応室201に導入され、ガス排気口208から排気される。反応室201内の圧力は、ガスの供給量と、ガスの排気量とのバランスによって調整される。

[0066] ガス供給部235は、反応室201に、原料ガスとドーパントガスとキャ

リアガスとを含む混合ガスを供給可能に構成されている。具体的には、ガス供給部235は、たとえば第1ガス供給部231と、第2ガス供給部232と、第3ガス供給部233と、第4ガス供給部234とを含んでいる。

[0067] 第1ガス供給部231は、たとえば炭素(C)原子を含む第1ガスを供給可能に構成されている。第1ガス供給部231は、たとえば第1ガスが充填されたガスボンベである。第1ガスは、たとえばプロパン(C_3H_8)ガスである。第1ガスは、たとえばメタン(CH_4)ガス、エタン(C_2H_6)ガス、アセチレン(C_2H_2)ガス等であってもよい。

[0068] 第2ガス供給部232は、たとえばシラン(SiH_4)ガスを含む第2ガスを供給可能に構成されている。第2ガス供給部232は、たとえば第2ガスが充填されたガスボンベである。第2ガスは、たとえばシランガスである。第2ガスは、シランガスと、シラン以外の他のガスとの混合ガスでもよい。

[0069] 第3ガス供給部233は、たとえば窒素原子を含む第3ガスを供給可能に構成されている。第3ガス供給部233は、たとえば第3ガスが充填されたガスボンベである。第3ガスは、ドーピングガスである。第3ガスは、たとえばアンモニアガスである。アンモニアガスは、三重結合を有する窒素ガスに比べて熱分解されやすい。

[0070] 第4ガス供給部234は、たとえば水素などの第4ガス(キャリアガス)を供給可能に構成されている。第4ガス供給部234は、たとえば水素が充填されたガスボンベである。第4ガス供給部234は、たとえばアルゴンが充填されたガスボンベであってもよい。

[0071] 制御部245は、ガス供給部235から反応室201に供給される混合ガスの流量を制御可能に構成されている。具体的には、制御部245は、第1ガス流量制御部241と、第2ガス流量制御部242と、第3ガス流量制御部243と、第4ガス流量制御部244とを含んでもよい。各制御部は、たとえばMFC(Mass Flow Controller)であってもよい。制御部245は、ガス供給部235とガス導入口207との間に配置されている。

[0072] <炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法>

次に、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造方法について説明する。図 7 は、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造方法を概略的に示すフロー図である。図 7 に示されるように、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造方法は、第 1 炭化珪素基板を準備する工程 (S10) と、第 1 裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程 (S20) と、第 1 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S30) と、第 2 炭化珪素エピタキシャル層の厚みを測定する工程 (S40) と、研磨量を決定する工程 (S50) と、第 2 炭化珪素基板を準備する工程 (S60) と、第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S70) と、第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程 (S80) とを主に有している。

[0073] まず、第 1 炭化珪素基板を準備する工程 (S10) が実施される。具体的には、たとえば昇華法により製造された炭化珪素単結晶からなるインゴットがワイヤーソーによりスライスされることにより、複数の炭化珪素基板 30 が準備される。複数の炭化珪素基板 30 の各々の直径は、たとえば 100 mm 以上である。炭化珪素基板 30 の厚み (第 2 厚み H2) は、たとえば 200 μ m 以上 600 μ m 以下である。

[0074] 複数の炭化珪素基板 30 の各々の内、1 つの炭化珪素基板 30 が第 1 炭化珪素基板 31 として準備される。第 1 炭化珪素基板 31 は、ダミーの炭化珪素基板 30 である。第 1 炭化珪素基板 31 は、後述する第 2 炭化珪素基板 32 とは異なる炭化珪素基板 30 である。

[0075] 次に、第 1 裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程 (S20) が実施される。図 8 は、第 1 裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程 (S20) を示す断面模式図である。図 8 に示されるように、第 1 炭化珪素基板 31 は、第 1 裏面 62 と、第 1 表面 63 とを有している。第 1 表面 63 は、第 1 裏面 62 の反対にある。

[0076] 図 8 に示されるように、第 1 裏面 62 に炭化珪素粒子 90 が付けられる。

具体的には、たとえばピンセットを用いて第2主面2に炭化珪素粒子90が付けられる。炭化珪素粒子90の直径は、たとえば $20\mu\text{m}$ 程度である。炭化珪素粒子90は、たとえば第2主面2の中央付近に付着する。

[0077] 次に、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程(S30)が実施される。図9は、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程(S30)を示す断面模式図である。第1炭化珪素基板31が炭化珪素エピタキシャル基板100の製造装置200(図6参照)のサセプタ210に配置される。具体的には、第1裏面62がサセプタ210に接するように、第1炭化珪素基板31がサセプタ210に配置される。次に、反応室201が減圧される。具体的には、反応室201の圧力が大気圧からたとえば $1\times 10^{-6}\text{Pa}$ 程度に低減される。次に、第1炭化珪素基板31の昇温が開始される。昇温の途中において、第4ガス供給部234からキャリアガスである水素(H_2)ガスが反応室201に導入される。

[0078] 第1表面63上にバッファ層41が形成される。具体的には、原料ガス、ドーパントガスおよびキャリアガスが、反応室201に供給される。より具体的には、たとえばシランとプロパンとアンモニアと水素とを含む混合ガスが、反応室201に導入される。反応室201において、それぞれのガスが熱分解される。

[0079] 第1表面63上にバッファ層41を形成する工程において、第1ガス(プロパンガス)の流量は、たとえば 29 sccm である。第2ガス(シランガス)の流量は、たとえば 46 sccm である。第3ガス(アンモニアガス)の流量は、たとえば 1.5 sccm である。第4ガス(水素ガス)の流量は、たとえば 100 slm である。反応室201内の圧力は、たとえば 2 kPa 以上 6 kPa 以下に維持される。成長温度は、たとえば 1500°C 以上 1700°C 以下である。以上により、図9に示されるように第1表面63上にバッファ層41が形成される。第3方向103において、バッファ層41の厚みは、たとえば $5\mu\text{m}$ 以上である。

[0080] 次に、バッファ層41上にドリフト層42が形成される。バッファ層41

上にドリフト層42を形成する工程において、第1ガス（プロパンガス）の流量は、たとえば29 s c c mである。第2ガス（シランガス）の流量は、たとえば46 s c c mである。第3ガス（アンモニアガス）の流量は、たとえば1.5 s c c mである。第4ガス（水素ガス）の流量は、たとえば100 s l mである。成長温度は、たとえば1500℃以上1700℃以下である。

[0081] バッファ層41とドリフト層42とは、第1炭化珪素エピタキシャル層71を構成している。以上により、第1表面63に接している第1炭化珪素エピタキシャル層71が形成される。第1炭化珪素エピタキシャル層71のステップフロー成長方向（第1主面1のオフ方向）は、たとえば第1方向101である。第1炭化珪素エピタキシャル層71の構成は、炭化珪素エピタキシャル層40の構成と実質的に同じである。

[0082] 図9に示されるように、第1表面63上にバッファ層41を形成する工程およびバッファ層41上にドリフト層42を形成する工程が実施されることによって、第1裏面62および炭化珪素粒子90に接している第2炭化珪素エピタキシャル層72が形成される。第2炭化珪素エピタキシャル層72は、たとえば炭化珪素製のサセプタ210（図6参照）の一部が昇華して、炭化珪素基板30の第2主面2に堆積することにより形成される。第2炭化珪素エピタキシャル層72のステップフロー成長方向は、たとえば第1方向101と反対の方向である。第3方向103における第2炭化珪素エピタキシャル層72の厚みは、第3厚みH3とされる。

[0083] 第2炭化珪素エピタキシャル層72において、三角欠陥91がある。第2炭化珪素エピタキシャル層72が形成される過程において、三角欠陥91は、炭化珪素粒子90を起点として形成される。三角欠陥91を構成する炭化珪素のポリタイプは、たとえば3Cである。三角欠陥91は、底面部92を有している。底面部92は、炭化珪素粒子90に連なっている。底面部92は、基底面に位置している。底面部92は、第1裏面62に対して、第3方向103と反対の方向に傾斜している。底面部92に対する第1裏面62の

傾斜角は、オフ角 θ である。

[0084] 図10は、三角欠陥91の構成を示す底面模式図である。図10に示されるように、三角欠陥91は、第1辺部95と、第2辺部96と、底辺部94とを有している。第2辺部96は、第1辺部95に連なっている。第2辺部96と第1辺部95との境界は、端点93である。別の観点から言えば、第1辺部95および第2辺部96は、端点93から2つに分岐している。底辺部94は、端点93に対して、第1方向101と反対の方向にある。底辺部94は、第1辺部95および第2辺部96の各々に連なっている。第1辺部95は、底辺部94の一端（第1端部）に連なっており、かつ、第2辺部96は、底辺部94の他端（第2端部）に連なっている。

[0085] 第3方向103に沿って見て、第1辺部95は、第1方向101および第2方向102の各々に対して傾斜している。第1辺部95は、第1方向101に平行な直線から第2方向102に傾斜していてもよい。第2辺部96は、第1方向101に平行な直線から第2方向102と反対の方向に傾斜していてもよい。第3方向103に沿って見て、底辺部94は、第2方向102に沿って延びている。第3方向103に沿って見て、第2方向102における三角欠陥91の幅は、端点93から底辺部94に向かうにつれて大きくなっていてもよい。

[0086] 第3方向103に沿って見て、第2炭化珪素エピタキシャル層72のステップフロー成長方向（第1方向101と反対の方向）における三角欠陥91の長さは、第2長さC2とされる。第2長さC2は、第1方向101における端点93と底辺部94との間の最大距離である。

[0087] $H3 = C2 \times \tan \theta \quad \dots \text{（数式2）}$

次に、第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みを測定する工程（S40）が実施される。具体的には、まず、第2長さC2が測定される。第2長さC2の測定において、たとえば共焦点走査装置が用いられる。共焦点走査装置としては、たとえばレーザーテック株式会社製のWASAVIシリーズ「SICA 6X」を使用することができる。対物レンズの倍率は、たとえば10

倍とされる。測定された第2長さC2に基づいて、数式2を用いて第3厚みH3が算出される。以上により、三角欠陥91を用いて第2炭化珪素エピタキシャル層72の厚み（第3厚みH3）が測定される。

[0088] なお、第4炭化珪素エピタキシャル層74の厚みは、炭化珪素エピタキシャル層40の厚みと比較して薄い。従って、FTIR (Fourier Transform Infrared spectrometer) 等の測定方法を用いて、第4炭化珪素エピタキシャル層74の厚みを測定することは困難である。

[0089] 次に、研磨量を決定する工程(S50)が実施される。第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みを測定する工程(S40)において測定された第3厚みH3に基づいて裏面研磨量H4が決定される。裏面研磨量H4は、後述する第4炭化珪素エピタキシャル層を除去する工程(S80)において、第4炭化珪素エピタキシャル層74および第2炭化珪素基板32が研磨される量である。

[0090] 第3厚みH3は、たとえば1 μm 未満であってもよい。第3厚みH3が1 μm 未満である場合、裏面研磨量H4は、たとえば9 μm とされる。第3厚みH3が1 μm 未満である場合、裏面研磨量H4は、たとえば8.5 μm 以上12.5 μm 以下とされてもよい。第3厚みH3が1 μm 未満である場合、裏面研磨量H4は、たとえば9 μm 以上とされてもよいし、9.5 μm 以上とされてもよい。第3厚みH3が1 μm 未満である場合、裏面研磨量H4は、たとえば11 μm 以下であってもよいし、10 μm 以下であってもよい。

[0091] 第3厚みH3は、たとえば1 μm 以上2 μm 以下であってもよい。第3厚みH3が1 μm 以上2 μm 以下である場合、裏面研磨量H4は、たとえば13.5 μm とされる。第3厚みH3が1 μm 以上2 μm 以下である場合、裏面研磨量H4は、たとえば11 μm 以上16.5 μm 以下とされてもよい。第3厚みH3が1 μm 以上2 μm 以下である場合、裏面研磨量H4は、たとえば11.5 μm 以上であってもよいし、12 μm 以上であってもよい。第

3 厚み H 3 が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下である場合、裏面研磨量 H 4 は、たとえば $1.5\ \mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $1.4\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0092] 次に、第 2 炭化珪素基板を準備する工程 (S 6 0) が実施される。具体的には、第 1 炭化珪素基板を準備する工程 (S 1 0) において作製された複数の炭化珪素基板 3 0 の内、1 つの炭化珪素基板 3 0 が第 2 炭化珪素基板 3 2 として準備される。第 2 炭化珪素基板 3 2 の構成は、第 1 炭化珪素基板 3 1 の構成と実質的に同じである。第 2 炭化珪素基板 3 2 は、第 1 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 3 0) と同様の成長条件で作成するためのエピタキシャル成長であって、且つ、第 1 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 3 0) と別バッチのエピタキシャル成長に用いられる炭化珪素基板 3 0 であってもよい。

[0093] 次に、第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 7 0) が実施される。図 1 1 は、第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 7 0) を示す断面模式図である。図 1 1 に示されるように、第 2 炭化珪素基板 3 2 は、第 2 裏面 6 4 と、第 2 表面 6 5 とを有している。第 2 表面 6 5 は、第 2 裏面 6 4 の反対にある。第 2 裏面 6 4 は、第 1 裏面 6 2 (図 9 参照) に対応している。第 2 表面 6 5 は、第 1 表面 6 3 (図 9 参照) に対応している。

[0094] 第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 7 0) において、第 1 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程 (S 3 0) と実質的に同じ条件によって、第 3 炭化珪素エピタキシャル層 7 3 と、第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 とが形成される。

[0095] 図 1 1 に示されるように、第 2 表面 6 5 に接している第 3 炭化珪素エピタキシャル層 7 3 が形成される。第 3 炭化珪素エピタキシャル層 7 3 は、バッファ層 4 1 と、ドリフト層 4 2 とを有している。第 3 炭化珪素エピタキシャル層 7 3 の構成は、炭化珪素エピタキシャル層 4 0 (図 2 参照) および第 1 炭化珪素エピタキシャル層 7 1 (図 9 参照) の各々の構成と実質的に同じである。

[0096] 図 1 1 に示されるように、第 2 裏面 6 4 に接している第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 が形成される。第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 は、第 2 炭化珪素エピタキシャル層 7 2 (図 9 参照) に対応している。第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 において、三角欠陥 9 1 はなくてもよい。第 3 方向 1 0 3 における第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 の厚みは、実質的に第 3 厚み H 3 であってもよい。

[0097] 次に、第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程 (S 8 0) が実施される。図 1 2 は、第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程 (S 8 0) を示す断面模式図である。図 1 2 において破線で示される部分は、研磨前における炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 の状態を示している。図 1 2 において実線で示される部分は、化学機械研磨後における炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 の状態を示している。図 1 2 に示されるように、第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 および第 2 炭化珪素基板 3 2 に対して機械研磨が行われる。

[0098] 図 1 3 は、機械研磨装置の構成を示す断面模式図である。図 1 3 に示されるように、機械研磨装置 3 0 0 は、定盤 3 0 1 と、研磨ヘッド 3 0 2 とを有している。図 1 3 に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 は、研磨ヘッド 3 0 2 に取り付けられる。第 1 主面 1 において、炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 は、研磨ヘッド 3 0 2 に接する。第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 は、定盤 3 0 1 に対向する。研磨ヘッド 3 0 2 は、たとえばセラミックスまたはステンレスである。

[0099] 炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 と、定盤 3 0 1 との間にスラリー 3 1 0 が供給される。スラリー 3 1 0 は、たとえば砥粒 3 1 2 を含んでいる。砥粒 3 1 2 は、たとえばダイヤモンドまたは立方晶窒化ホウ素 (c B N) である。砥粒 3 1 2 の径は、たとえば $1\ \mu\text{m}$ 以上 $3\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0100] 定盤 3 0 1 が回転する。研磨ヘッド 3 0 2 によって、炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 が定盤 3 0 1 に押し付けられる。これによって、第 4 炭化珪素エピタキシャル層 7 4 および第 2 炭化珪素基板 3 2 が機械研磨される。以

上によって、第4炭化珪素エピタキシャル層74が除去される。機械研磨における研磨量は、たとえば $7\mu\text{m}$ 以上 $16.5\mu\text{m}$ 以下である。

[0101] 次に、化学機械研磨が実施される。具体的には、第2裏面64が研磨布（図示せず）に対向するように、炭化珪素エピタキシャル基板100が配置される。第2裏面64と研磨布との間に研磨液（図示せず）が供給される。研磨液は、たとえば砥粒と酸化剤とを含んでいる。砥粒は、たとえばコロイダルシリカ、フュームドシリカおよびアルミナなどである。酸化剤は、たとえば過酸化水素水などである。

[0102] 研磨布は回転する。第2裏面64が研磨布に押し付けられる。これによって、第2炭化珪素基板32が化学機械研磨される。以上によって、機械研磨によってダメージを受けた第2炭化珪素基板32の部分が除去される。化学機械研磨における研磨量は、たとえば $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下である。

[0103] 図12に示されるように、機械研磨における研磨量と、化学機械研磨における研磨量との合計は、裏面研磨量H4である。別の観点から言えば、裏面研磨量H4は、除去された第4炭化珪素エピタキシャル層74の量と除去された第2炭化珪素基板32の量との合計である。第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程（S80）の後において、第3方向103における第2炭化珪素基板32の厚みは、第2厚みH2である。第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程（S80）の後において、炭化珪素エピタキシャル基板100は、純水、酸またはアルカリなどの洗浄液を用いて洗浄されてもよい。以上により、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100が製造される。

[0104] 図12に示される炭化珪素エピタキシャル基板100と、図2に示される炭化珪素エピタキシャル基板100との対応関係について説明する。第2炭化珪素基板32は、炭化珪素基板30に対応している。第3炭化珪素エピタキシャル層73は、炭化珪素エピタキシャル層40に対応している。第2裏面64は、第2主面2に対応している。第2表面65は、第3主面3に対応している。

[0105] なお、上記においては、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S30）の後に、第2炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S70）が行われる。別の観点から言えば、第2炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S70）においては、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S30）とは別バッチのエピタキシャル成長が実施される。しかしながら、本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の製造方法の構成は、上記の構成に限定されない。

[0106] 具体的には、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S30）と第2炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S70）は、同じバッチのエピタキシャル成長によって実施されてもよい。別の観点から言えば、第2炭化珪素基板を準備する工程（S60）は、第1炭化珪素基板を準備する工程（S10）と同時に行われてもよい。第2炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S70）は、第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S30）と同時に行われてもよい。

[0107] （炭化珪素半導体装置の製造方法）

次に、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置400の製造方法について説明する。図14は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置400の製造方法を概略的に示すフロー図である。図14に示されるように、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置400の製造方法は、炭化珪素エピタキシャル基板100を準備する工程（S1）と、炭化珪素エピタキシャル基板100を加工する工程（S2）とを主に有している。

[0108] まず、炭化珪素エピタキシャル基板100を準備する工程（S1）が実施される。図15は、炭化珪素エピタキシャル基板100を準備する工程を示す断面模式図である。図15に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板100を準備する工程（S1）においては、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100が準備される（図1および図2参照）。

[0109] 次に、炭化珪素エピタキシャル基板 100 を加工する工程 (S2) が実施される。具体的には、炭化珪素エピタキシャル基板 100 に対して以下のような加工が行われる。まず、炭化珪素エピタキシャル基板 100 に対してイオン注入が行われる。

[0110] 図 16 は、ボディ領域を形成する工程を示す断面模式図である。ボディ領域を形成する工程において、炭化珪素エピタキシャル層 40 の第 2 主面 2 に対して、たとえばアルミニウムなどの p 型不純物がイオン注入される。これにより、p 型の導電型を有するボディ領域 113 が形成される。ボディ領域 113 が形成されなかった部分は、ドリフト層 42 およびバッファ層 41 となる。ボディ領域 113 の厚みは、たとえば $0.9\ \mu\text{m}$ である。炭化珪素エピタキシャル層 40 は、バッファ層 41 と、ドリフト層 42 と、ボディ領域 113 とを含む。

[0111] 次に、ソース領域を形成する工程が実施される。図 17 は、ソース領域を形成する工程を示す断面模式図である。具体的には、ボディ領域 113 に対して、たとえばリンなどの n 型不純物がイオン注入される。これにより、n 型の導電型を有するソース領域 114 が形成される。ソース領域 114 の厚みは、たとえば $0.4\ \mu\text{m}$ である。ソース領域 114 における n 型不純物の濃度は、ボディ領域 113 における p 型不純物の濃度よりも高い。

[0112] 次に、ソース領域 114 に対して、たとえばアルミニウムなどの p 型不純物がイオン注入されることにより、コンタクト領域 118 が形成される。コンタクト領域 118 は、ソース領域 114 およびボディ領域 113 を貫通し、ドリフト層 42 に接するように形成される。コンタクト領域 118 における p 型不純物の濃度は、ソース領域 114 における n 型不純物の濃度よりも高い。

[0113] 次に、イオン注入された不純物を活性化するため活性化アニールが実施される。活性化アニールの温度は、たとえば 1500°C 以上 1900°C 以下である。活性化アニールの時間は、たとえば 30 分程度である。活性化アニールの雰囲気は、たとえばアルゴン雰囲気である。

[0114] 次に、炭化珪素エピタキシャル層40の第1主面1にトレンチを形成する工程が実施される。図18は、炭化珪素エピタキシャル層40の第1主面1にトレンチを形成する工程を示す断面模式図である。ソース領域114およびコンタクト領域118から構成される第1主面1上に、開口を有するマスク117が形成される。マスク117を用いて、ソース領域114と、ボディ領域113と、ドリフト層42の一部とがエッチングにより除去される。エッチングの方法としては、たとえば誘導結合プラズマ反応性イオンエッチングを用いることができる。具体的には、たとえば反応ガスとして SF_6 または SF_6 と O_2 との混合ガスを用いた誘導結合プラズマ反応性イオンエッチングが用いられる。エッチングにより、第1主面1に凹部が形成される。

[0115] 次に、凹部において熱エッチングが行われる。熱エッチングは、第1主面1上にマスク117が形成された状態で、たとえば、少なくとも1種類以上のハロゲン原子を有する反応性ガスを含む雰囲気中での加熱によって行い得る。少なくとも1種類以上のハロゲン原子は、塩素(Cl)原子およびフッ素(F)原子の少なくともいずれかを含む。当該雰囲気は、たとえば、 Cl_2 、 BCl_3 、 SF_6 または CF_4 を含む。たとえば、塩素ガスと酸素ガスとの混合ガスを反応ガスとして用い、熱処理温度を、たとえば700℃以上1000℃以下として、熱エッチングが行われる。なお、反応ガスは、上述した塩素ガスと酸素ガスとに加えて、キャリアガスを含んでもよい。キャリアガスとしては、たとえば窒素ガス、アルゴンガスまたはヘリウムガスなどを用いることができる。

[0116] 図18に示されるように、熱エッチングにより、第1主面1にトレンチ56が形成される。トレンチ56は、側壁面53と、底壁面54とにより規定される。側壁面53は、ソース領域114と、ボディ領域113と、ドリフト層42とによって構成される。底壁面54は、ドリフト層42によって構成される。次に、マスク117が第1主面1から除去される。

[0117] 次に、ゲート絶縁膜を形成する工程が実施される。図19は、ゲート絶縁膜を形成する工程を示す断面模式図である。具体的には、第1主面1にトレ

ンチ５６が形成された炭化珪素エピタキシャル基板１００が、酸素を含む雰囲気中において、たとえば１３００℃以上１４００℃以下の温度で加熱される。これにより、底壁面５４においてドリフト層４２と接し、側壁面５３においてドリフト層４２、ボディ領域１１３およびソース領域１１４の各々に接し、かつ第１主面１においてソース領域１１４およびコンタクト領域１１８の各々と接するゲート絶縁膜１１５が形成される。

[0118] 次に、ゲート電極を形成する工程が実施される。図２０は、ゲート電極および層間絶縁膜を形成する工程を示す断面模式図である。ゲート電極１２７は、トレンチ５６の内部においてゲート絶縁膜１１５に接するように形成される。ゲート電極１２７は、トレンチ５６の内部に配置され、ゲート絶縁膜１１５上においてトレンチ５６の側壁面５３および底壁面５４の各々と対面するように形成される。ゲート電極１２７は、たとえばＬＰＣＶＤ（Low Pressure Chemical Vapor Deposition）法により形成される。

[0119] 次に、層間絶縁膜１２６が形成される。層間絶縁膜１２６は、ゲート電極１２７を覆い、かつゲート絶縁膜１１５と接するように形成される。層間絶縁膜１２６は、たとえば化学気相成長法により形成される。層間絶縁膜１２６は、たとえば二酸化珪素を含む材料によって構成される。次に、ソース領域１１４およびコンタクト領域１１８上に開口部が形成されるように、層間絶縁膜１２６およびゲート絶縁膜１１５の一部がエッチングされる。これにより、コンタクト領域１１８およびソース領域１１４がゲート絶縁膜１１５から露出する。

[0120] 次に、ソース電極を形成する工程が実施される。ソース電極１１６は、ソース領域１１４およびコンタクト領域１１８の各々に接するように形成される。ソース電極１１６は、たとえばスパッタリング法により形成される。ソース電極１１６は、たとえばＴｉ（チタン）、Ａｌ（アルミニウム）およびＳｉ（珪素）を含む材料から構成されている。

[0121] 次に、合金化アニールが実施される。具体的には、ソース領域１１４およ

びコンタクト領域 118 の各々と接するソース電極 116 が、たとえば 900℃以上 1100℃以下の温度で 5 分程度保持される。これにより、ソース電極 116 の少なくとも一部がシリサイド化する。これにより、ソース領域 114 とオーミック接合するソース電極 116 が形成される。ソース電極 116 は、コンタクト領域 118 とオーミック接合してもよい。

[0122] 次に、ソース配線 119 が形成される。ソース配線 119 は、ソース電極 116 と電氣的に接続される。ソース配線 119 は、ソース電極 116 および層間絶縁膜 126 を覆うように形成される。

[0123] 次に、ドレイン電極を形成する工程が実施される。まず、第 2 主面 2 において、炭化珪素基板 30 が研磨される。これにより、炭化珪素基板 30 の厚みが薄くなる。次に、ドレイン電極 123 が形成される。ドレイン電極 123 は、第 2 主面 2 と接するように形成される。以上により、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置 400 が製造される。

[0124] 図 21 は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置 400 の構成を示す断面模式図である。炭化珪素半導体装置 400 は、たとえば MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) である。炭化珪素半導体装置 400 は、炭化珪素エピタキシャル基板 100 と、ゲート電極 127 と、ゲート絶縁膜 115 と、ソース電極 116 と、ドレイン電極 123 と、ソース配線 119 と、層間絶縁膜 126 とを主に有している。炭化珪素エピタキシャル基板 100 は、バッファ層 41 と、ドリフト層 42 と、ボディ領域 113 と、ソース領域 114 と、コンタクト領域 118 とを有している。炭化珪素半導体装置 400 は、たとえば IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等であってもよい。

[0125] 次に、本実施形態の作用効果について説明する。

炭化珪素基板 30 の上に炭化珪素エピタキシャル層 40 を形成する際に、炭化珪素によって構成されているサセプタ 210 の一部が昇華して、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の裏面（第 2 主面 2）に炭化珪素層が堆積する

ことがある。この場合、裏面において荒れが発生することによって、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の平坦性が悪化する。結果として、炭化珪素半導体装置 400 の歩留まりが低下する。炭化珪素エピタキシャル基板 100 の平坦性を向上するために、炭化珪素基板 30 の上に炭化珪素エピタキシャル層 40 を形成した後に、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の裏面が研磨されることがある。

[0126] しかしながら、裏面が研磨された炭化珪素エピタキシャル基板 100 を用いて炭化珪素半導体装置 400 を製造した場合においても、炭化珪素半導体装置 400 の歩留まりが想定よりも悪いことがあった。具体的には、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の一部において、LTV が想定よりも大きいことがあった。

[0127] 発明者は、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の裏面を研磨する際の研磨量に着目した。図 22 は、突起 60 が研磨ヘッド 302 に接している状態を示す断面模式図である。炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造において、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の表面（第 1 主面 1）に突起 60 が形成されることがある。この場合、図 22 に示されるように、第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程（S80）において、突起 60 と研磨ヘッド 302 が接する。従って、突起 60 の反対にある炭化珪素エピタキシャル基板 100 の裏面の部分が、定盤 301 に近づく。突起 60 の反対にある裏面の部分が定盤 301 から受ける圧力が、裏面の他の部分が定盤 301 から受ける圧力よりも大きくなる。結果として、突起 60 の反対にある裏面の部分の研磨量が、裏面の他の部分の研磨量よりも大きくなる。特に、裏面研磨量 H4 が過度に多い場合、突起 60 の反対にある裏面の部分の研磨量と裏面の他の部分の研磨量との差が過度に大きくなる。結果として、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の平坦性が悪化する。

[0128] 図 23 は、第 2 炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S70）後且つ第 4 炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程（S80）前における複数の正方領域 50 の各々の LTV の測定結果を示す

模式図である。図24は、第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程（S80）後における複数の正方領域50の各々のLTVの測定結果を示す模式図である。図24に示される炭化珪素エピタキシャル基板100の製造において、裏面研磨量H4は20 μ mとされた。

[0129] 図23に示される炭化珪素エピタキシャル基板100において、LTVの最大値は1.8 μ mであった。図23に示される炭化珪素エピタキシャル基板100において、LTVの最大値は5.1 μ mであった。図23および図24に示されるように、裏面研磨量H4が過度に多い場合、炭化珪素エピタキシャル基板100の一部において、LTVが悪化することがある。

[0130] 一方で、裏面研磨量H4が過度に少ない場合、炭化珪素エピタキシャル基板100の裏面に堆積した層（第4炭化珪素エピタキシャル層74）が十分に除去されないことがある。この場合、炭化珪素エピタキシャル基板100の平坦性が十分に向上されない。従って、第4炭化珪素エピタキシャル層74の厚みに基づいて、好適な裏面研磨量H4が設定されることが望ましい。

[0131] 本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の製造方法によれば、第1炭化珪素基板31の第1裏面62に炭化珪素粒子90が付けられる。第1炭化珪素基板に炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程（S30）において、炭化珪素粒子90を起点として第2炭化珪素エピタキシャル層72に三角欠陥91が形成される。第2炭化珪素エピタキシャル層72にある三角欠陥91を用いて第2炭化珪素エピタキシャル層72の厚みH3が測定される。測定された第2炭化珪素エピタキシャル層72の厚みH3に基づいて裏面研磨量H4が決定される。裏面研磨量H4に基づいて第4炭化珪素エピタキシャル層74が研磨により除去される。このため、実質的に第4炭化珪素エピタキシャル層74の厚みに基づいて裏面研磨量H4を決定することができる。これによって、炭化珪素エピタキシャル基板100の平坦性を向上できる。結果として、炭化珪素半導体装置400の歩留まりを向上できる。

[0132] 本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、第1主面1において突起60がある。複数の正方領域50は、突起60に最も近い第

1 正方領域 5 1 と、第 1 正方領域 5 1 以外の複数の正方領域 5 0 である第 2 正方領域 5 2 とによって構成されている。第 1 正方領域 5 1 の L T V は、第 2 正方領域 5 2 を構成する複数の正方領域 5 0 の各々の L T V よりも大きい。第 1 正方領域 5 1 の L T V は、 $2\mu\text{m}$ 以下である。このように、突起 6 0 がある炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 においても、平坦性が向上されている。これによって、炭化珪素半導体装置 4 0 0 の歩留まりを向上できる。

[0133] 本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 によれば、第 2 主面 2 は研磨面である。複数の正方領域 5 0 における L T V の最大値は、 $2\mu\text{m}$ 以下である。このように、裏面（第 2 主面 2）が研磨されている炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 において、平坦性が向上されている。これによって、炭化珪素半導体装置 4 0 0 の歩留まりを向上できる。

実施例

[0134] <サンプル準備>

サンプル 1 からサンプル 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 が準備された。サンプル 1 から 4、1 1、2 1 および 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 は、比較例である。サンプル 5 から 1 0 および 1 2 から 2 0 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 は実施例である。サンプル 1 からサンプル 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 の直径（最大径 W）は、 150mm とされた。

[0135] サンプル 1 から 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 は、図 7 に示される製造方法に沿って製造された。サンプル 1 から 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 を製造する過程において、上述の方法に沿って、第 3 厚み H 3 が測定された。第 3 厚み H 3 の測定において、レーザーテック株式会社製の W A S A V I シリーズ「S I C A 6 X」が使用された。

[0136] サンプル 1 から 1 1 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 において、第 3 厚み H 3 は、 $1\mu\text{m}$ 未満であった。サンプル 1 2 からサンプル 2 2 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 1 0 0 において、第 3 厚み H 3 は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下であった。

[0137] サンプル 1 から 22 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造において、裏面研磨量 H4 が変化された。具体的には、サンプル 1 から 11 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造において、裏面研磨量 H4 は、 $6.5\mu\text{m}$ 以上 $21\mu\text{m}$ 以下とされた。サンプル 12 から 22 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の製造において、裏面研磨量 H4 は、 $11\mu\text{m}$ 以上 $18\mu\text{m}$ 以下とされた。

[0138] (測定方法)

サンプル 1 から 22 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 において、Corning Tropel 社製の「Tropel FlatMaster (商標)」を用いて、複数の正方領域 50 における LTV の最大値が測定された。複数の正方領域 50 の各々の 1 辺の長さ (第 1 長さ C1) は 10mm とされた。第 2 主面 2 が吸着面 B とされた。

[0139] (測定結果)

[0140] [表 1]

	第 3 厚み (μm)	裏面研磨量 (μm)	LTV の最大値 (μm)
サンプル 1	0.53	21	6.2
サンプル 2	0.25	17	3.7
サンプル 3	0.25	15	2.97
サンプル 4	0.15	14.5	2.22
サンプル 5	0.7	12.5	1.35
サンプル 6	0.42	11.5	1.45
サンプル 7	0.24	10.5	1.29
サンプル 8	0.32	10	1.37
サンプル 9	0.25	9	1.02
サンプル 10	0.19	8.5	1.2
サンプル 11	0.56	6.5	2.03

[0141] 表 1 は、第 3 厚み H3 が $1\mu\text{m}$ 未満であった炭化珪素エピタキシャル基板 100 における LTV の最大値を示している。表 1 に示されるように、第 3 厚み H3 が $1.0\mu\text{m}$ 未満である場合、裏面研磨量 H4 が $8.5\mu\text{m}$ 以上 $12.5\mu\text{m}$ 以下とされた炭化珪素エピタキシャル基板 100 (サンプル 5 か

ら 10) における LTV の最大値は、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下であった。具体的には、サンプル 5 から 10 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 の LTV の最大値は、 $1.45\ \mu\text{m}$ 以下であった。一方で、第 3 厚み H3 が $1.0\ \mu\text{m}$ 未満である場合、裏面研磨量 H4 が $6.5\ \mu\text{m}$ または $14.5\ \mu\text{m}$ 以上とされた炭化珪素エピタキシャル基板 100 (サンプル 1 から 4 および 11) における LTV の最大値は、 $2.0\ \mu\text{m}$ より大きかった。

[0142] [表2]

	第 3 厚み (μm)	裏面研磨量 (μm)	LTV の最大値 (μm)
サンプル 12	1.57	11	1.44
サンプル 13	1.3	11.5	1.38
サンプル 14	1.92	12	1.3
サンプル 15	1.75	12.5	1.3
サンプル 16	1.68	13.5	1.1
サンプル 17	1.16	14	1.51
サンプル 18	1.45	14.5	1.7
サンプル 19	1.95	15	1.5
サンプル 20	1.21	16.5	1.7
サンプル 21	1.21	17.5	2.17
サンプル 22	1.56	18	2.3

[0143] 表 2 は、第 3 厚み H3 が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下であった炭化珪素エピタキシャル基板 100 における LTV の最大値を示している。表 2 に示されるように、第 3 厚み H3 が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下である場合、裏面研磨量 H4 が $11\ \mu\text{m}$ 以上 $16.5\ \mu\text{m}$ 以下とされた炭化珪素エピタキシャル基板 100 (サンプル 12 から 20) における LTV の最大値は、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下であった。具体的には、サンプル 12 から 20 に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 における LTV の最大値は、 $1.7\ \mu\text{m}$ 以下であった。第 3 厚み H3 が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下である場合、裏面研磨量 H4 が $11\ \mu\text{m}$ 以上 $13.5\ \mu\text{m}$ 以下とされた炭化珪素エピタキシャル基板 100 (サンプル 12 から 16) における LTV の最大値は、 $1.44\ \mu\text{m}$ 以下であった。一方で、第 3 厚み H3 が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下である場合、裏面研磨量 H4 が 17.

5 μm 以上とされた炭化珪素エピタキシャル基板100（サンプル21および22）におけるLTVの最大値は、2.1 μm 以上であった。

[0144] 以上の結果より、比較例の炭化珪素エピタキシャル基板100と比較して、実施例の炭化珪素エピタキシャル基板100においては、LTVの最大値が低減されていることが確認できた。

[0145] 今回開示された実施形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0146] 1 第1主面、2 第2主面、3 第3主面、5 界面、6 外縁、7 オリエンテーションフラット部、8 円弧状部、9 外周側面、11 外周領域、12 中央領域、30 炭化珪素基板、31 第1炭化珪素基板、32 第2炭化珪素基板、40 炭化珪素エピタキシャル層、41 バッファ層、42 ドリフト層、50 正方領域、51 第1正方領域、52 第2正方領域、53 側壁面、54 底壁面、56 トレンチ、60 突起、61 頂点、62 第1裏面、63 第1表面、64 第2裏面、65 第2表面、66 凸面、67 凹部、69 凹面、71 第1炭化珪素エピタキシャル層、72 第2炭化珪素エピタキシャル層、73 第3炭化珪素エピタキシャル層、74 第4炭化珪素エピタキシャル層、81 第1平坦面、82 第2平坦面、83 第3平坦面、90 炭化珪素粒子、91 三角欠陥、92 底面部、93 端点、94 底辺部、95 第1辺部、96 第2辺部、99 仮想直線、100 炭化珪素エピタキシャル基板、101 第1方向、102 第2方向、103 第3方向、113 ボディ領域、114 ソース領域、115 ゲート絶縁膜、116 ソース電極、117 マスク、118 コンタクト領域、119 ソース配線、123 ドレイン電極、126 層間絶縁膜、127 ゲート電極（電極）、200 製造装置、201 反応室、202 ステージ、203 発熱体、204 石英管、

205 内壁面、207 ガス導入口、208 ガス排気口、209 回転軸、210 サセプタ、231 第1ガス供給部、232 第2ガス供給部、233 第3ガス供給部、234 第4ガス供給部、235 ガス供給部、241 第1ガス流量制御部、242 第2ガス流量制御部、243 第3ガス流量制御部、244 第4ガス流量制御部、245 制御部、300 機械研磨装置、301 定盤、302 研磨ヘッド、310 スラリー、312 砥粒、400 炭化珪素半導体装置、A 測定面、B 吸着面、C1 第1長さ、C2 第2長さ、D1 高さ、D2 深さ、E 距離、F1 第1幅、F2 第2幅、H1 第1厚み、H2 第2厚み、H3 第3厚み（厚み）、H4 裏面研磨量（研磨量）、L1 第1平面、L2 第2平面、O 中心、P1 最高点、P2 最低点、T1 最高高さ、T2 最低高さ、W 最大径、 θ オフ角。

請求の範囲

- [請求項1] 炭化珪素基板と、
前記炭化珪素基板上に設けられている炭化珪素エピタキシャル層とを備え、
前記炭化珪素エピタキシャル層は、前記炭化珪素基板と前記炭化珪素エピタキシャル層との界面の反対にある第1主面を含み、
前記第1主面において、炭化珪素によって構成されている突起があり、
前記第1主面は、外縁と、前記外縁から3mm以内の領域である外周領域と、前記外周領域に取り囲まれた中央領域とによって構成されており、
前記中央領域を1辺の長さが10mmである複数の正方領域に区分した場合、前記複数の正方領域は、前記突起に最も近い第1正方領域と、前記第1正方領域以外の前記複数の正方領域である複数の第2正方領域とによって構成されており、
前記第1正方領域のLTVは、前記複数の第2正方領域の各々のLTVよりも大きく、
前記第1正方領域のLTVは、2μm以下である、炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項2] 前記第1正方領域のLTVは、1.5μm以下である、請求項1に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項3] 前記炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、10μm以上30μm以下である、請求項1または請求項2に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項4] 炭化珪素基板と、
前記炭化珪素基板上に設けられている炭化珪素エピタキシャル層と、を備え、
前記炭化珪素エピタキシャル層は、前記炭化珪素基板と前記炭化珪

素エピタキシャル層との界面の反対にある第1主面を含み、

前記炭化珪素基板は、前記界面の反対にある第2主面を含み、

前記第2主面は、研磨面であり、

前記第1主面は、外縁と、前記外縁から3 mm以内の領域である外周領域と、前記外周領域に取り囲まれた中央領域とによって構成されており、

前記中央領域を1辺の長さが10 mmである複数の正方領域に区分した場合、

前記複数の正方領域におけるLTVの最大値は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、炭化珪素エピタキシャル基板。

[請求項5] 前記複数の正方領域におけるLTVの最大値は、 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、請求項4に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。

[請求項6] 第1裏面と前記第1裏面の反対にある第1表面とを含む第1炭化珪素基板を準備する工程と、

前記第1裏面に炭化珪素粒子を付着させる工程と、

前記第1表面に接している第1炭化珪素エピタキシャル層を形成し且つ前記第1裏面および前記炭化珪素粒子に接している第2炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程とを備え、

前記第1炭化珪素エピタキシャル層および前記第2炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程において、前記炭化珪素粒子を起点として前記第2炭化珪素エピタキシャル層に三角欠陥が形成され、

前記第2炭化珪素エピタキシャル層にある前記三角欠陥を用いて前記第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みを測定する工程と、

測定された前記第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みに基づいて研磨量を決定する工程と、

第2裏面と前記第2裏面の反対にある第2表面とを含む第2炭化珪素基板を準備する工程と、

前記第2表面に接している第3炭化珪素エピタキシャル層を形成し

且つ前記第2裏面に接している第4炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程と、

前記研磨量に基づいて前記第4炭化珪素エピタキシャル層を研磨により除去する工程とをさらに備えた、炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法。

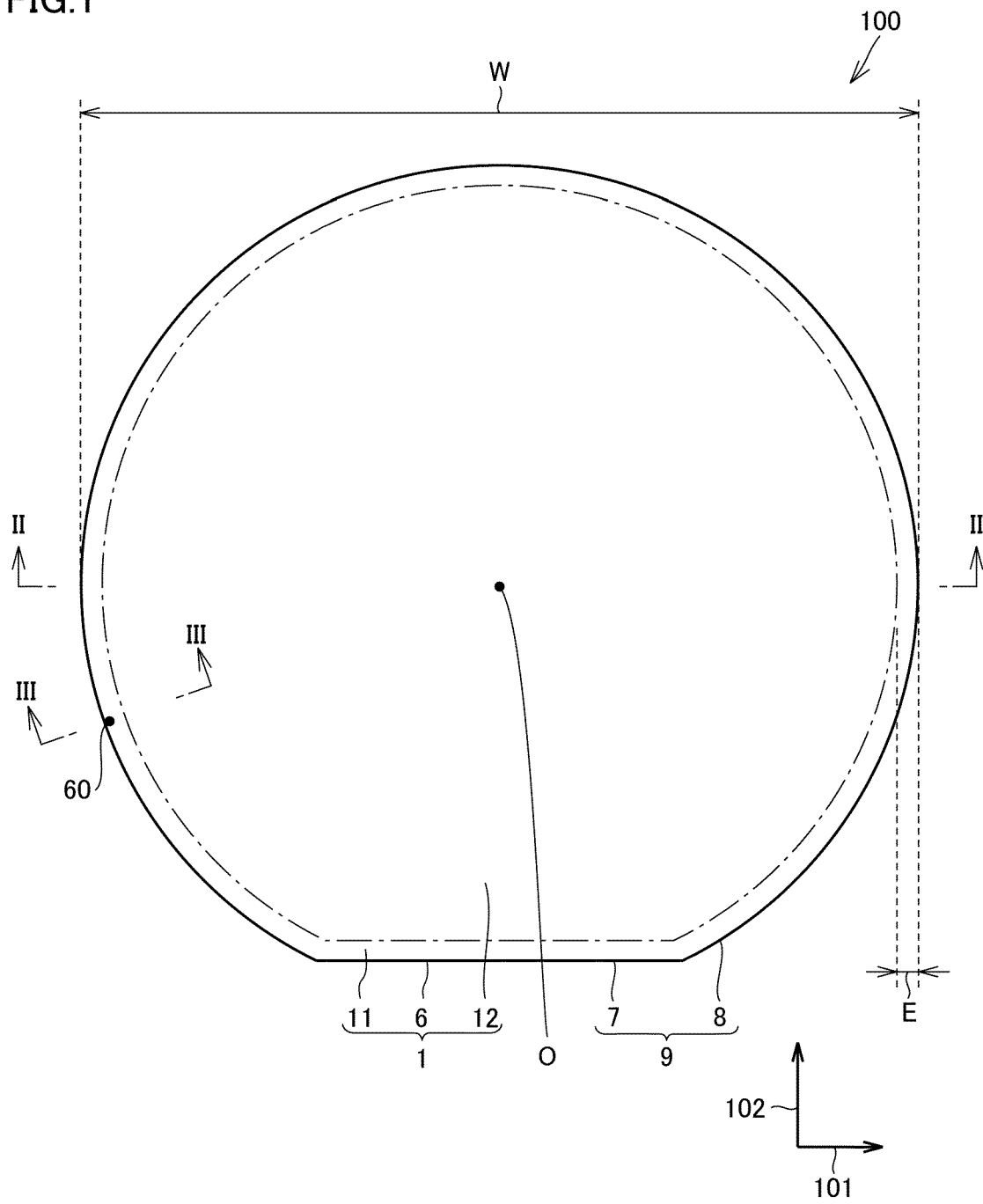
[請求項7] 前記第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、 $1\ \mu\text{m}$ 未満であり、前記研磨量は $8.5\ \mu\text{m}$ 以上 $12.5\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項6に記載の炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法。

[請求項8] 前記第2炭化珪素エピタキシャル層の厚みは、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記研磨量は $11\ \mu\text{m}$ 以上 $16.5\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項6に記載の炭化珪素エピタキシャル基板の製造方法。

[請求項9] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板を準備する工程と、前記炭化珪素エピタキシャル層上に電極を形成する工程とを備えた、炭化珪素半導体装置の製造方法。

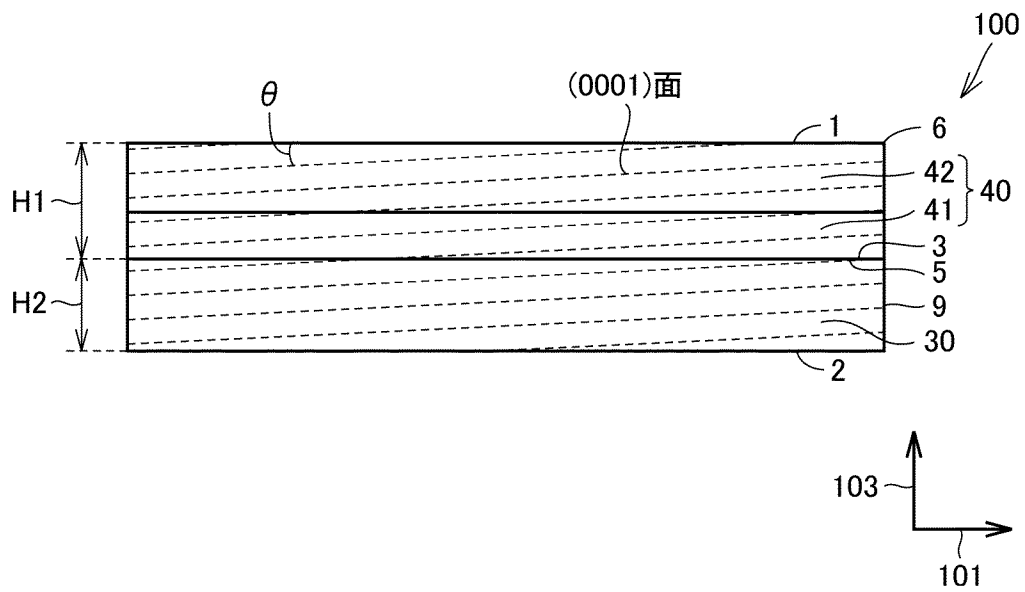
[図1]

FIG.1



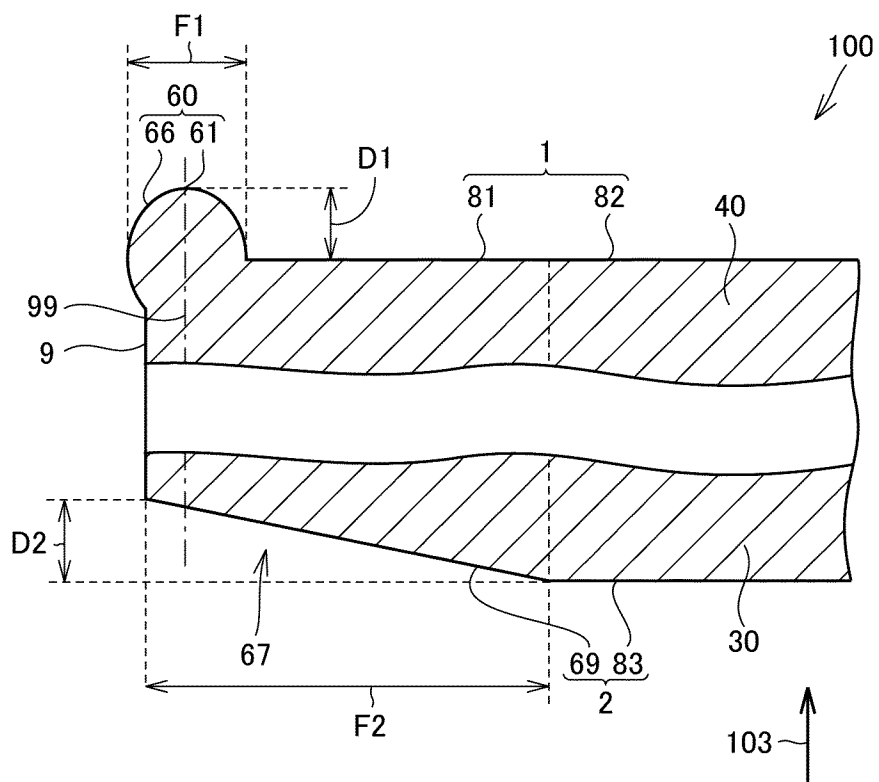
[図2]

FIG.2



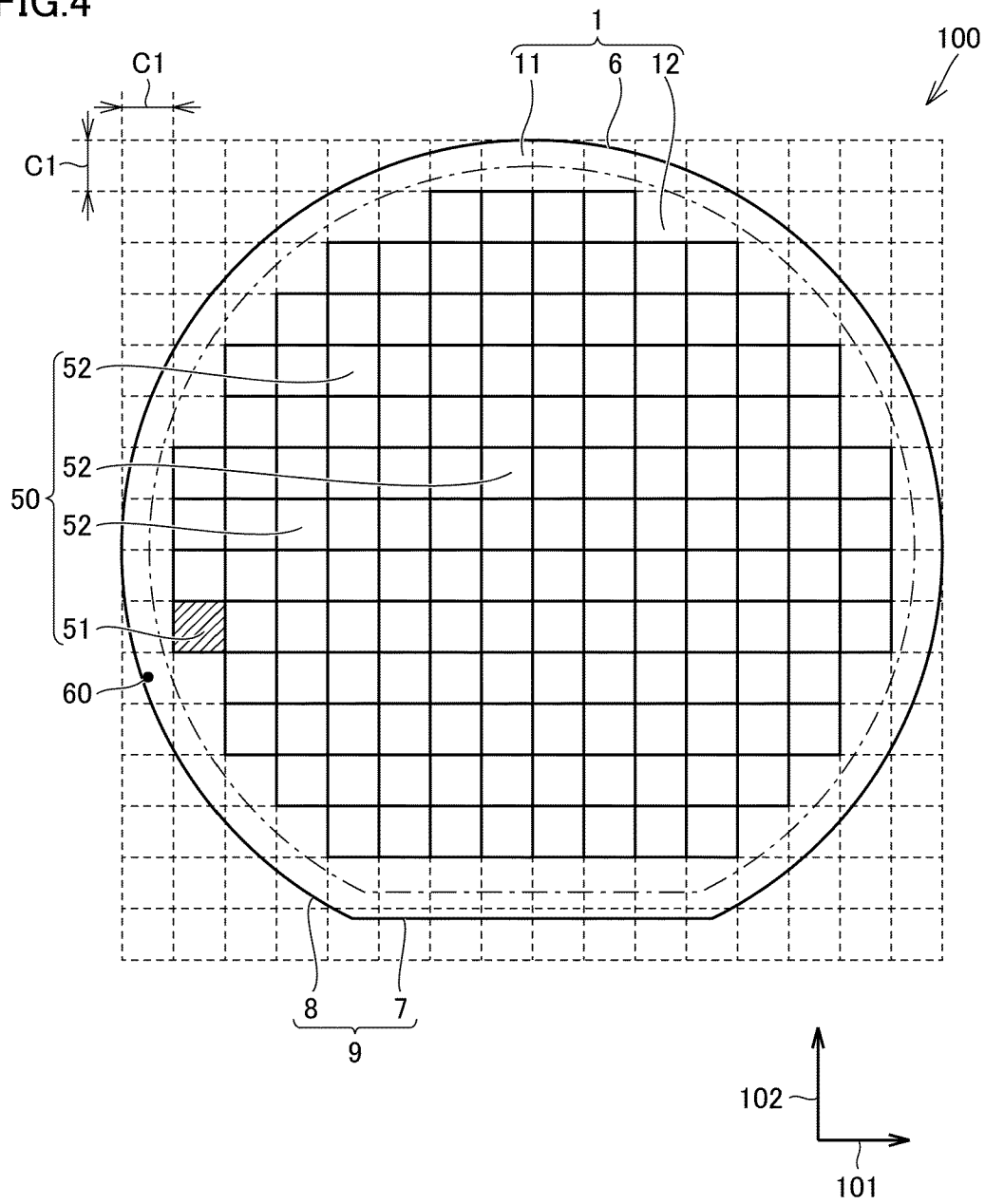
[図3]

FIG.3



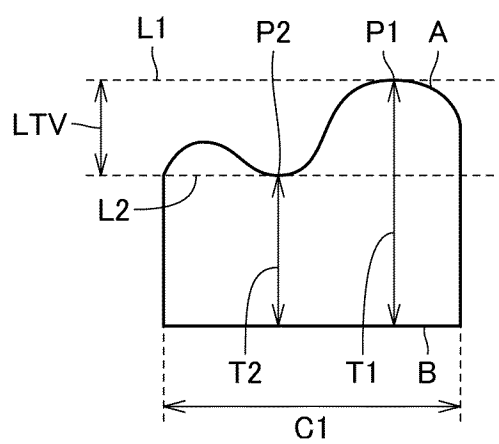
[図4]

FIG.4



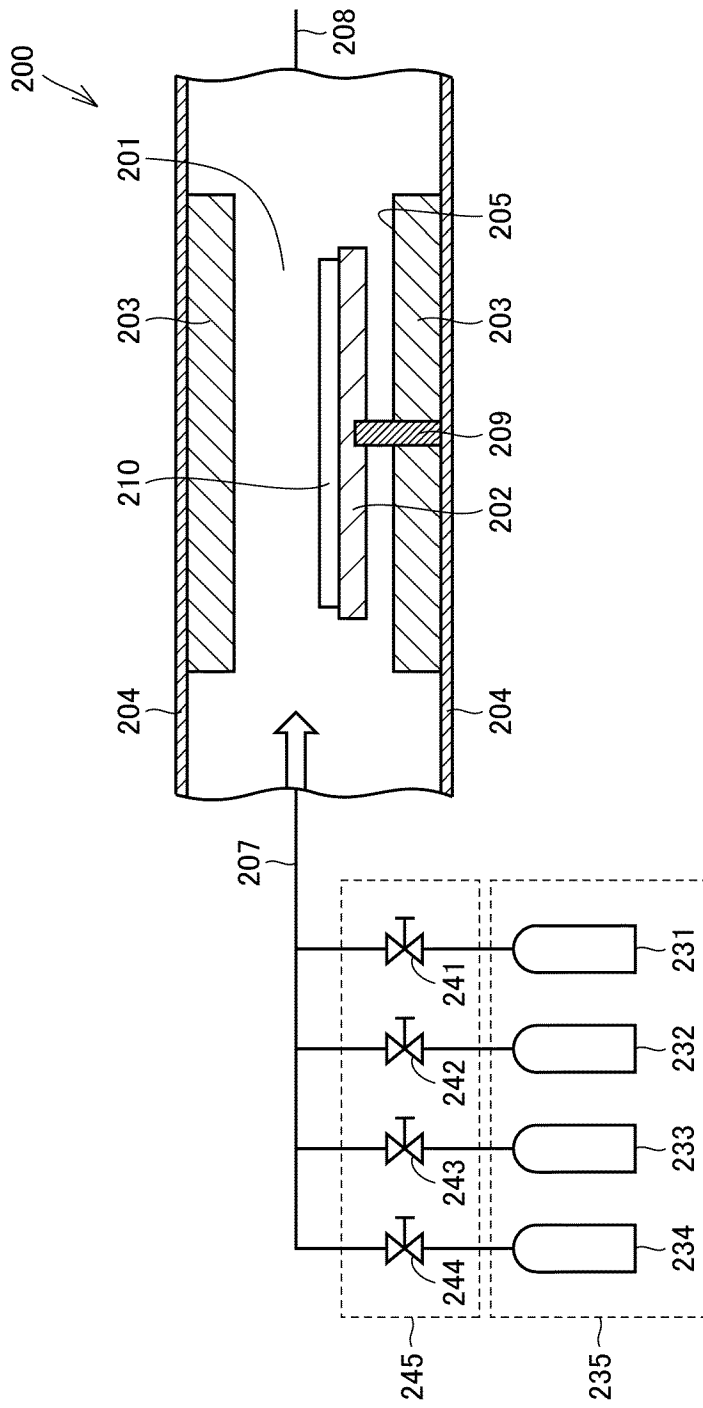
[図5]

FIG.5



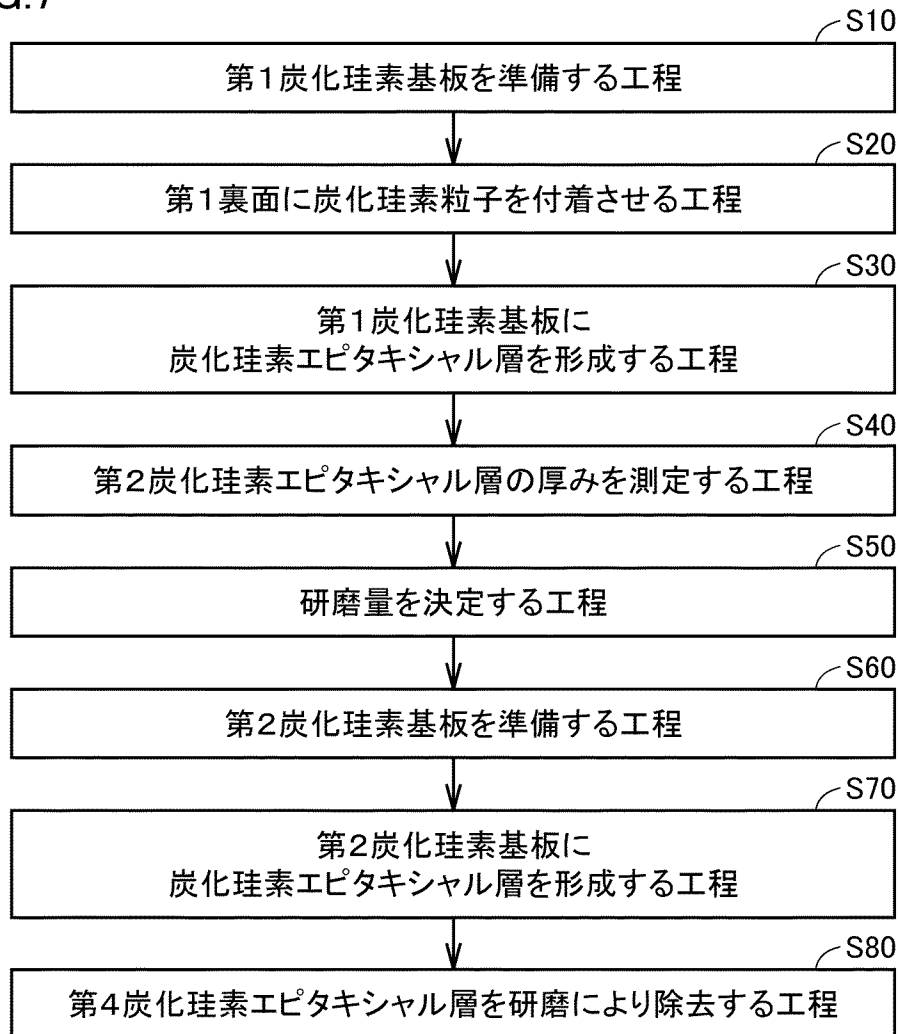
[図6]

FIG.6



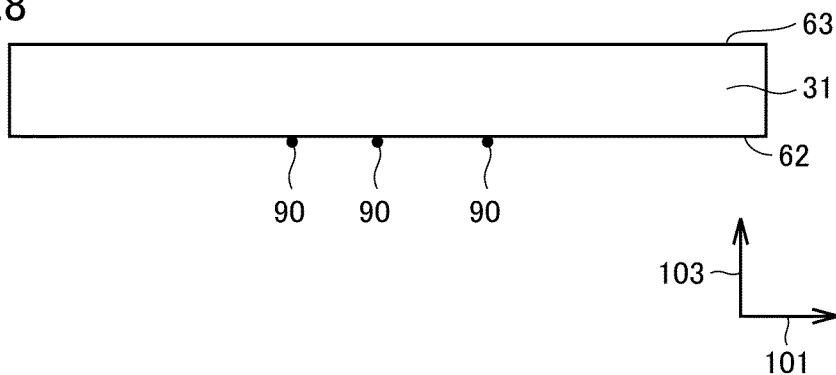
[図7]

FIG.7



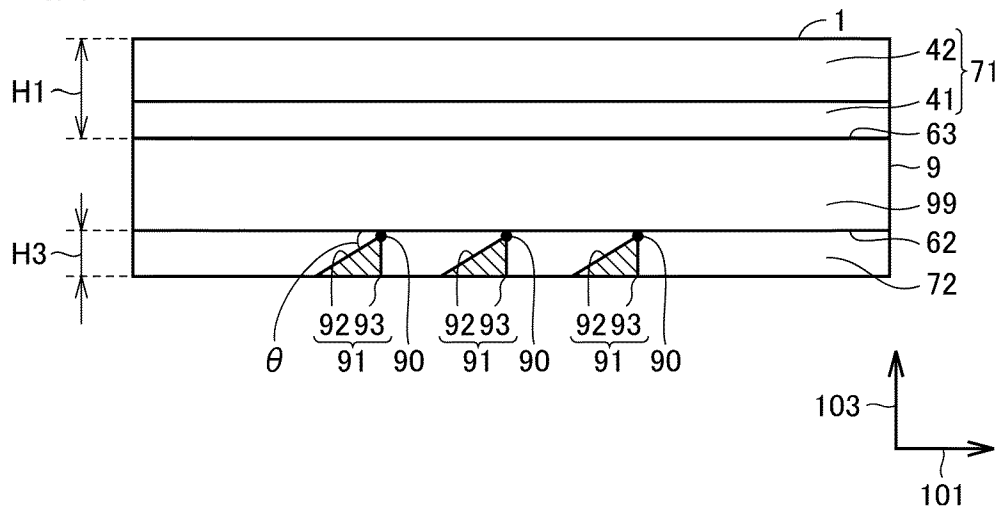
[図8]

FIG.8



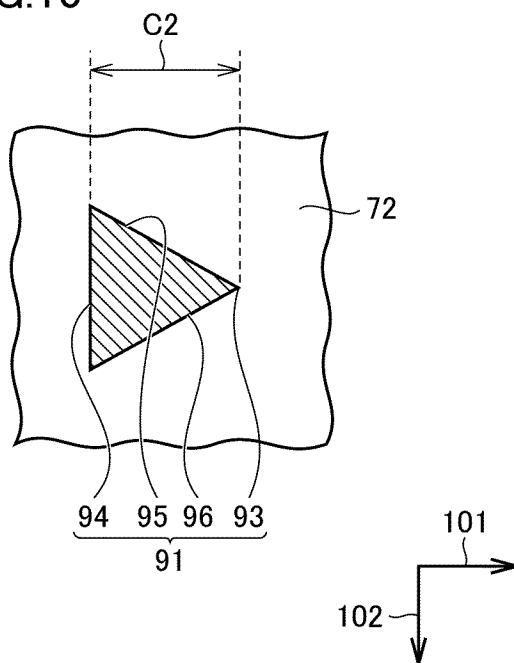
[図9]

FIG.9



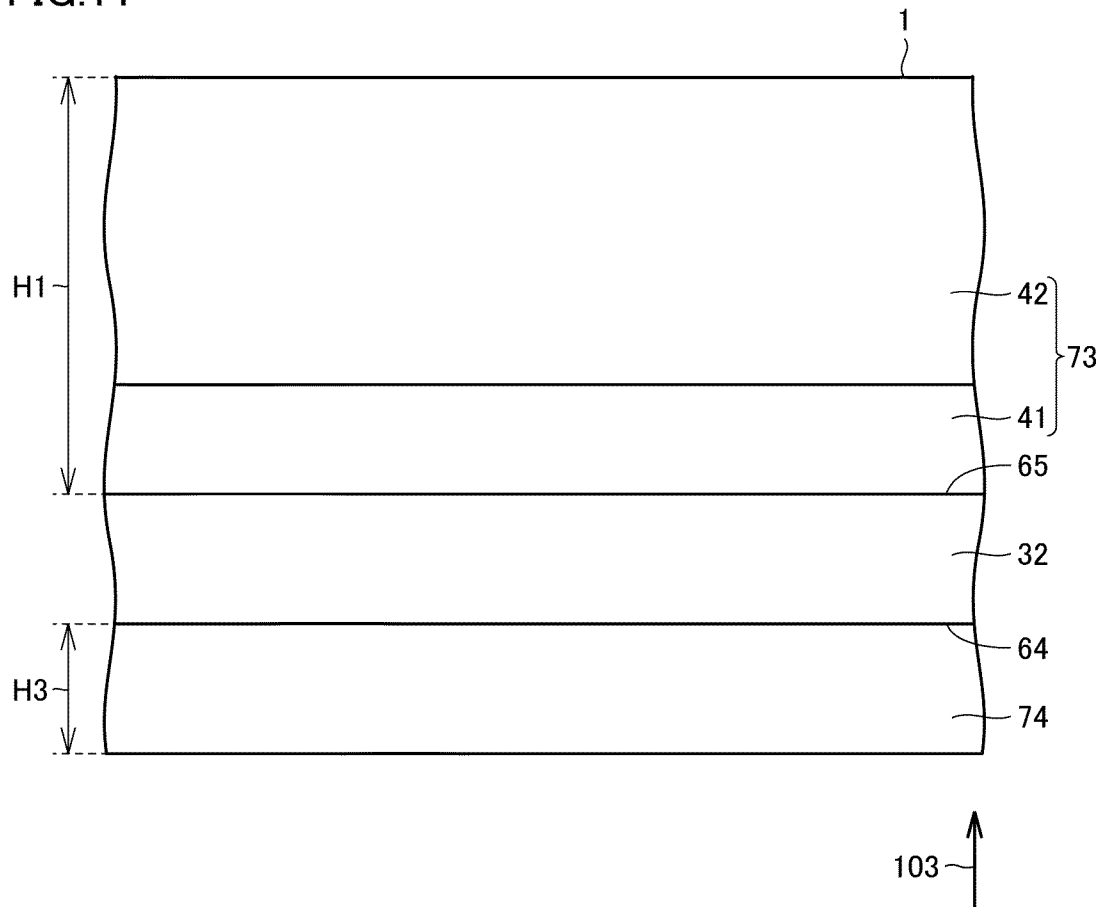
[図10]

FIG.10



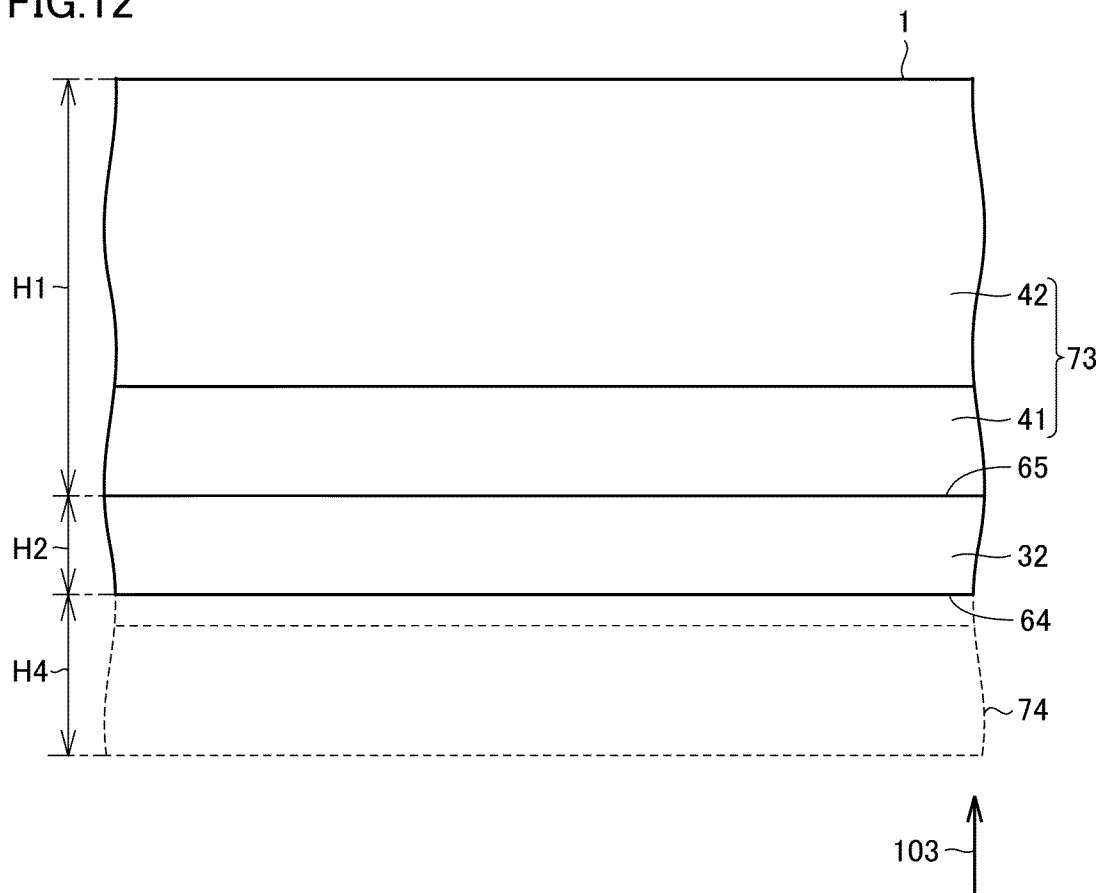
[図11]

FIG.11



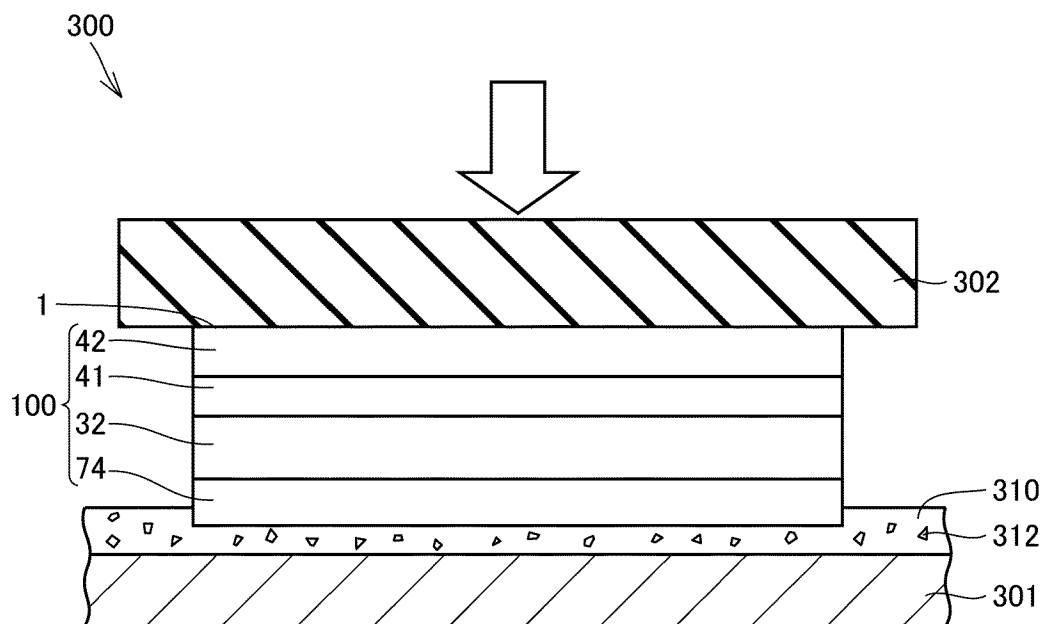
[図12]

FIG.12



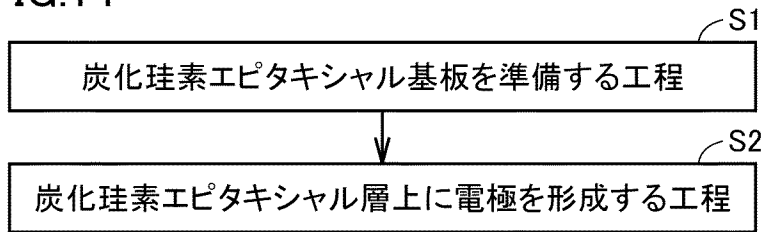
[図13]

FIG.13



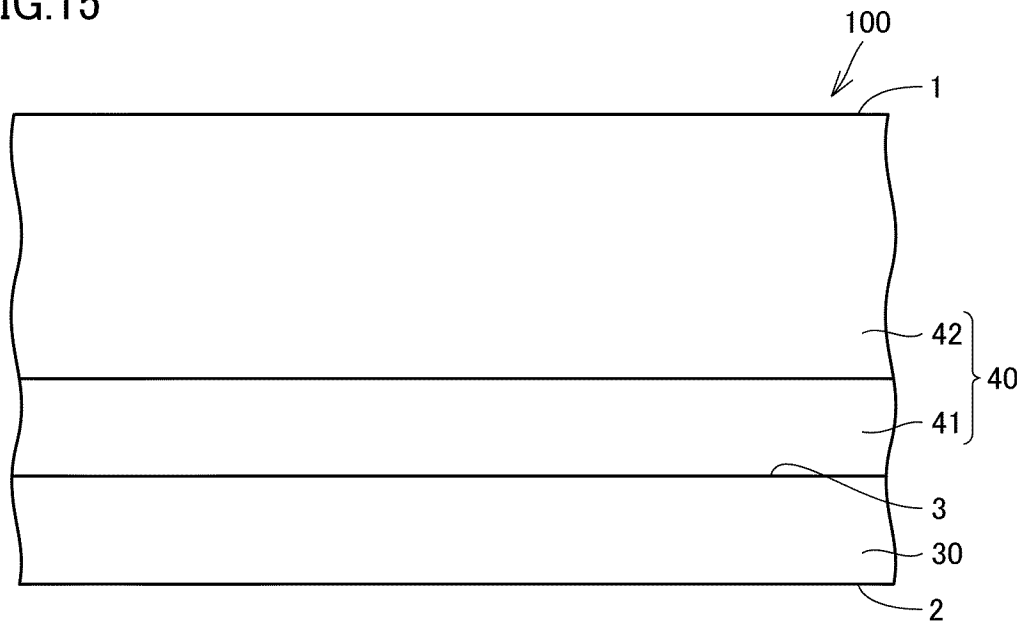
[図14]

FIG.14



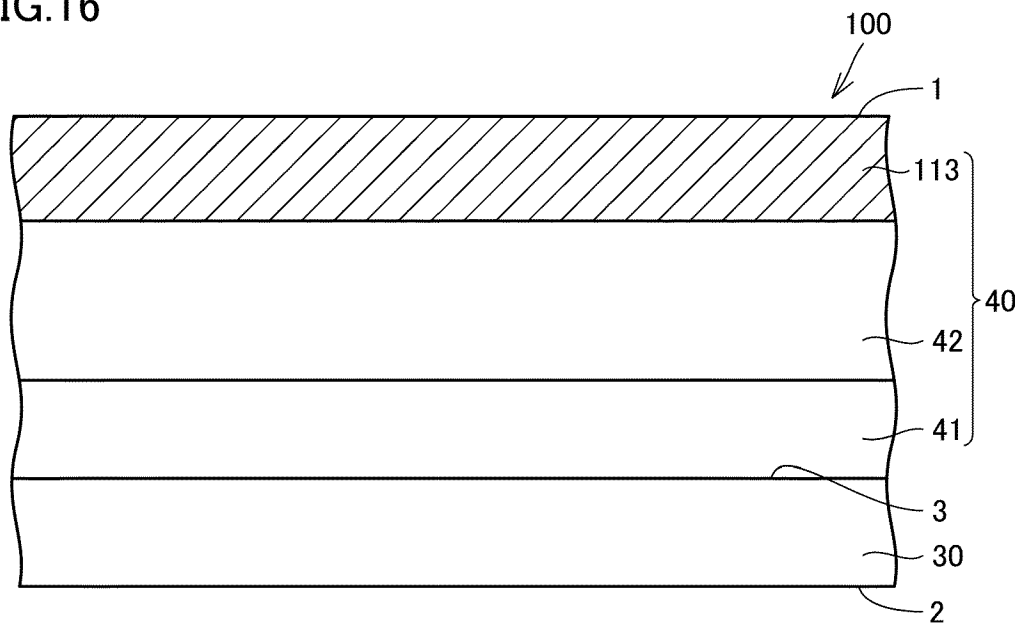
[図15]

FIG.15



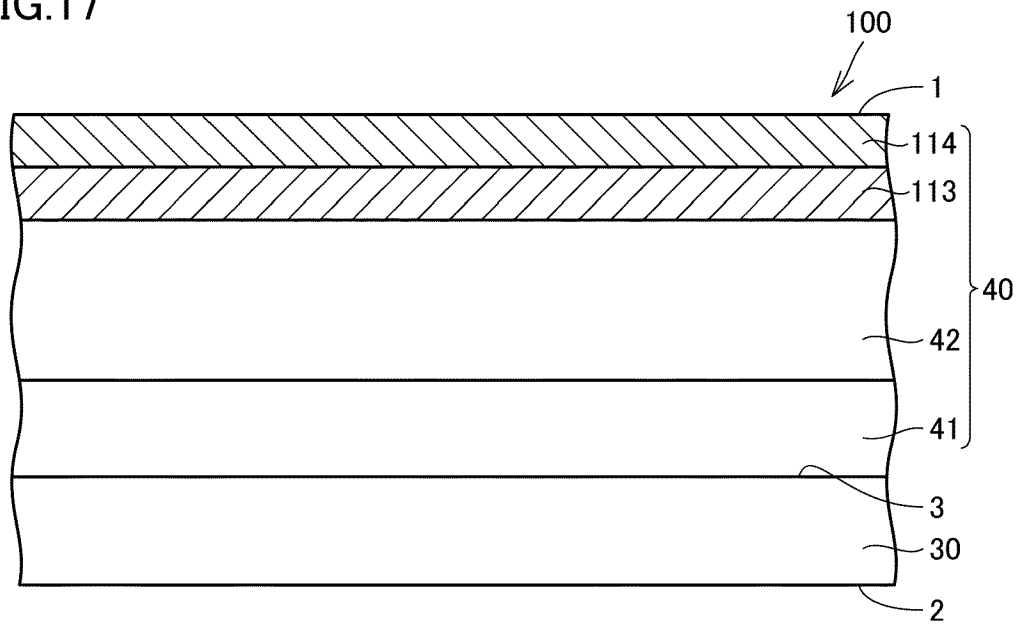
[図16]

FIG.16



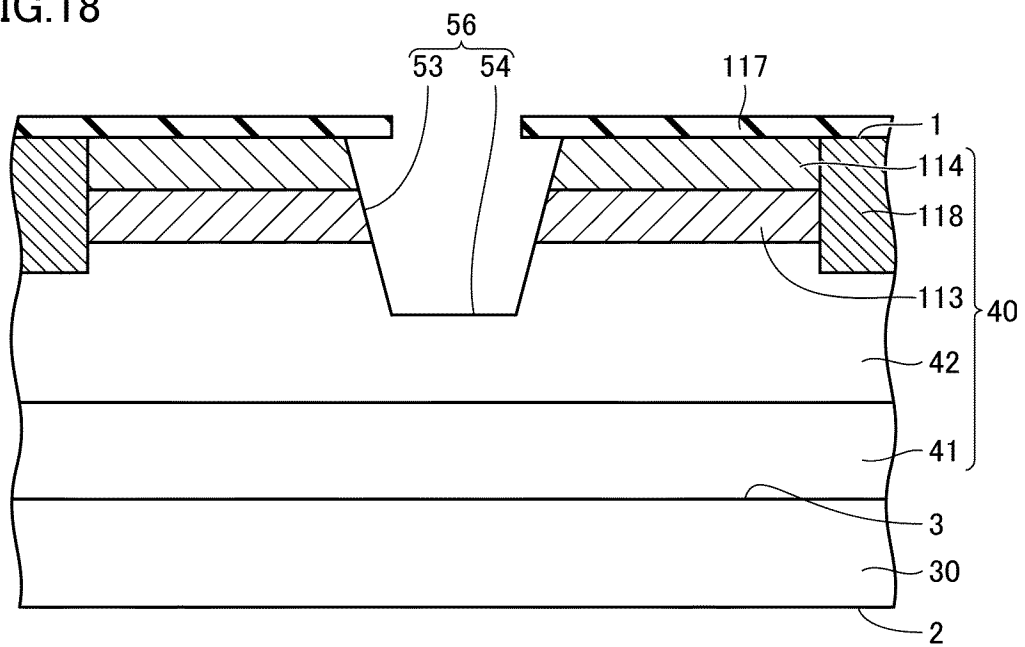
[図17]

FIG.17



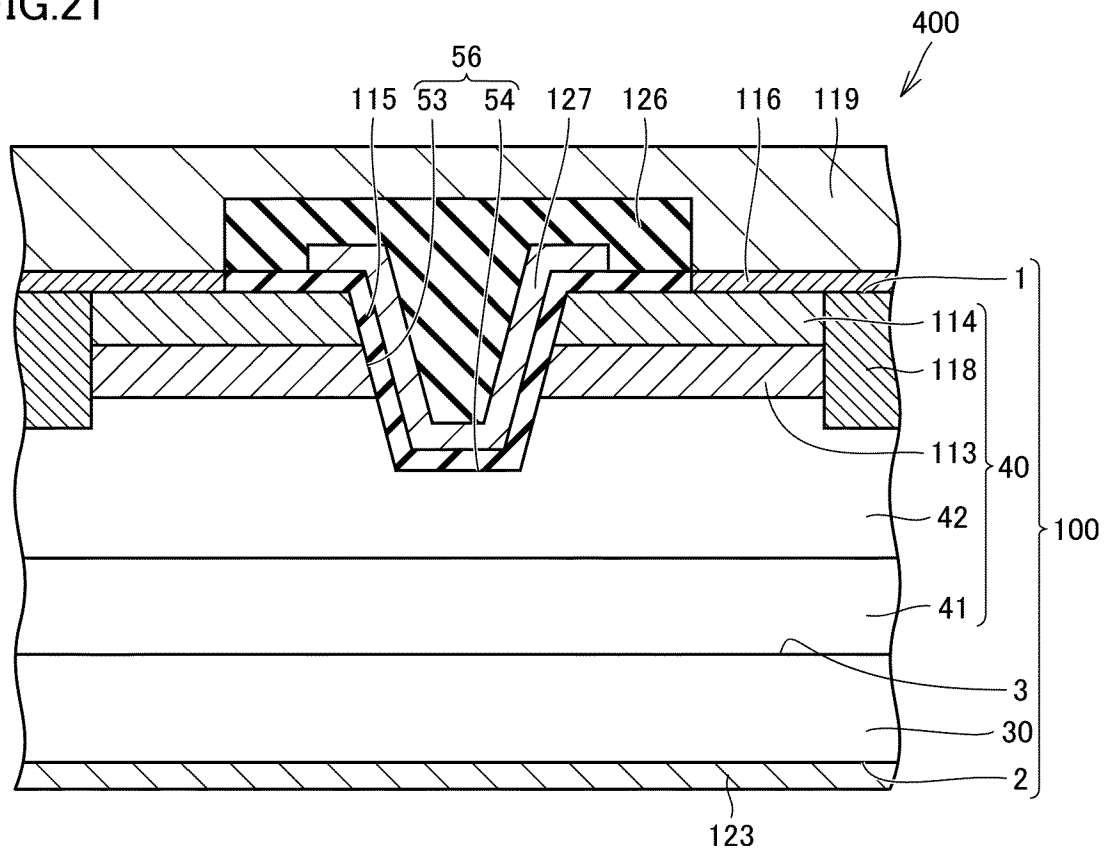
[図18]

FIG.18



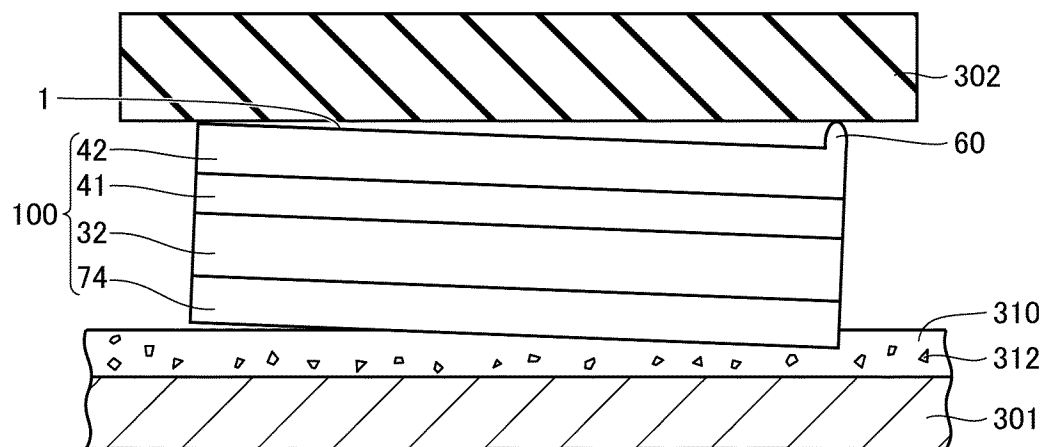
[図21]

FIG.21



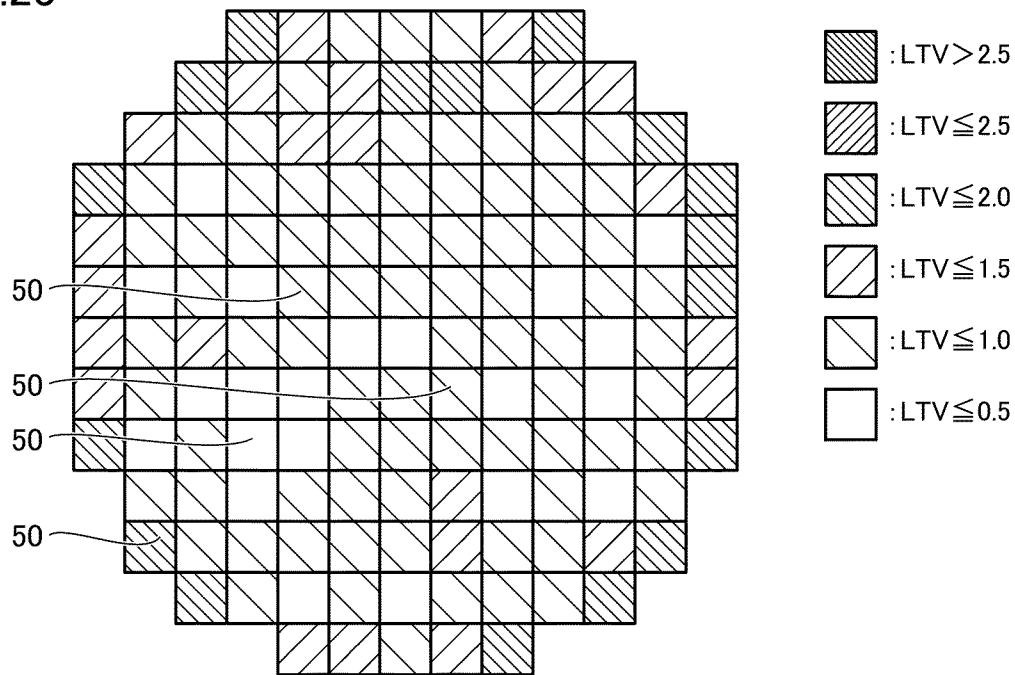
[図22]

FIG.22



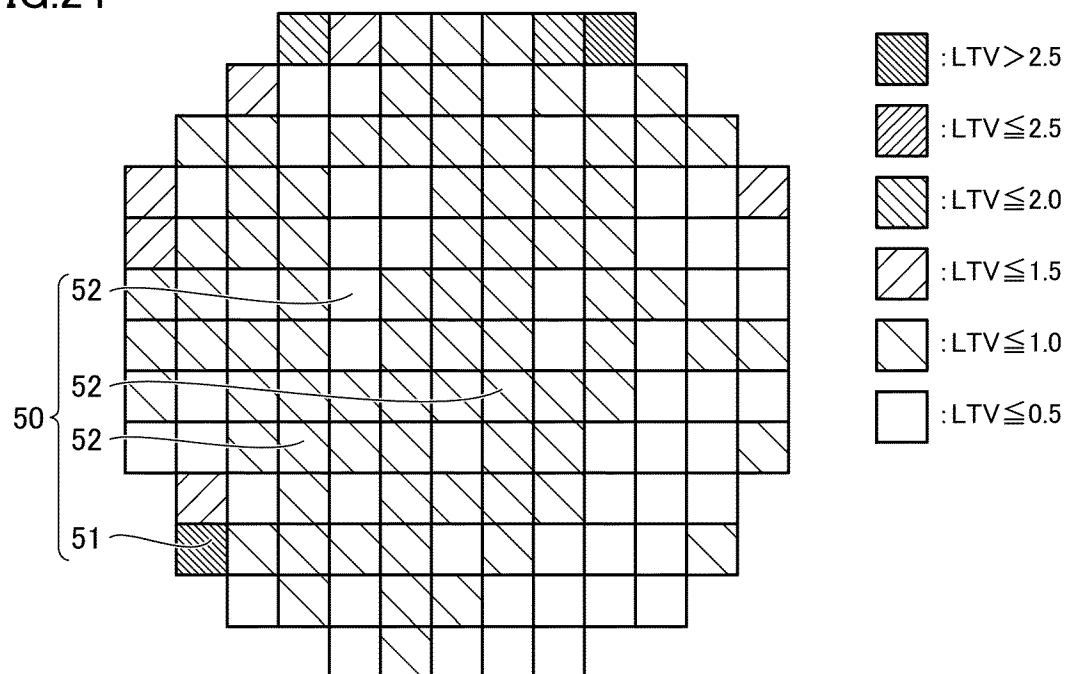
[図23]

FIG.23



[図24]

FIG.24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C30B 29/36 (2006.01)i; C30B 33/00 (2006.01)i; H01L 21/66 (2006.01)i; H01L 21/304 (2006.01)i; H01L 21/336 (2006.01)i; H01L 29/12 (2006.01)i; H01L 29/78 (2006.01)i FI: C30B29/36 A; C30B33/00; H01L21/66 P; H01L21/304 621D; H01L29/78 652T; H01L29/78 658A; H01L29/78 658G; H01L29/78 653A; H01L29/78 652D 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; C30B33/00; H01L21/66; H01L21/304; H01L21/336; H01L29/12; H01L29/78 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2016-501809 A (DOW CORNING CORPORATION) 21 January 2016 (2016-01-21) claims	4-5, 9 1-3, 6-8
X A	JP 2017-183729 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 05 October 2017 (2017-10-05) claims, paragraphs [0015]-[0066], fig. 1-13	4-5, 9 1-3, 6-8
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 August 2024		Date of mailing of the international search report 03 September 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/021156

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2016-501809	A	21 January 2016	US	2014/0117380	A1	
				claims			
				US	2015/0194319	A1	
				WO	2014/065949	A1	
				EP	2912681	A1	
				CN	104813439	A	
				KR	10-2015-0074176	A	

JP	2017-183729	A	05 October 2017	(Family: none)			

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 33/00(2006.01)i; H01L 21/66(2006.01)i; H01L 21/304(2006.01)i;
H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/78(2006.01)i
FI: C30B29/36 A; C30B33/00; H01L21/66 P; H01L21/304 621D; H01L29/78 652T; H01L29/78 658A; H01L29/78 658G; H01L29/78 653A; H01L29/78 652D

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; C30B33/00; H01L21/66; H01L21/304; H01L21/336; H01L29/12; 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1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2016-501809 A（ダウ コーニング コーポレーション） 21.01.2016（2016-01-21） 特許請求の範囲	4-5, 9
A		1-3, 6-8
X	JP 2017-183729 A（住友電気工業株式会社） 05.10.2017（2017-10-05） 特許請求の範囲, [0015]-[0066], [図1]-[図13]	4-5, 9
A		1-3, 6-8

☐ 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、一般的技术水準を示すもの
“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
15. 08. 2024

国際調査報告の発送日
03. 09. 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）

宮崎 園子 4G 9277

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/021156

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-501809	A	21.01.2016	US 2014/0117380 A1	
				請求の範囲	
				US 2015/0194319 A1	
				WO 2014/065949 A1	
				EP 2912681 A1	
				CN 104813439 A	
				KR 10-2015-0074176 A	

JP	2017-183729	A	05.10.2017	(ファミリーなし)	
