

(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
2020年7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/144900 A1

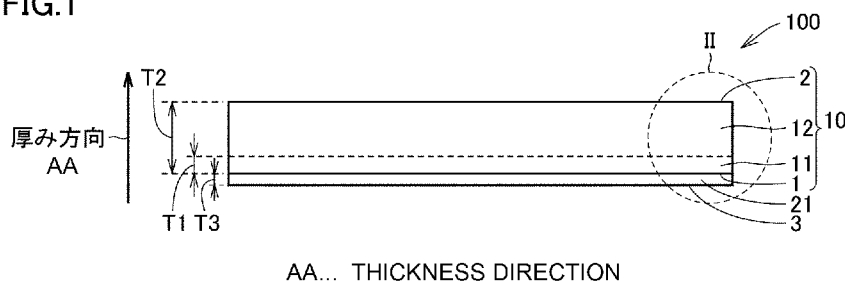
- (51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01) H01L 21/336 (2006.01)
C30B 25/20 (2006.01) H01L 29/12 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
H01L 21/304 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/037837
- (22) 国際出願日: 2019年9月26日(26.09.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-001173 2019年1月8日(08.01.2019) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 本家 翼(HONKE, Tsubasa); 〒5410041
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 沖
田 恭子(OKITA, Kyoko); 〒5410041 大阪府大
阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電
気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI
PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大
阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェス
ティバルタワー・ウエスト Osaka (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, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: SILICON CARBIDE REGENERATION SUBSTRATE AND METHOD FOR MANUFACTURING SILI-
CON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 炭化珪素再生基板および炭化珪素半導体装置の製造方法

[図1]

FIG.1



(57) Abstract: This silicon carbide regeneration substrate includes a silicon carbide substrate and a first silicon carbide layer. The silicon carbide substrate has a first main surface and a second main surface opposite the first main surface. The first silicon carbide layer is in contact with the first main surface. The silicon carbide substrate includes a substrate region that is within 10 μm from the first main surface toward the second main surface. In a direction perpendicular to the first main surface, a value obtained by subtracting a value that is three times the standard deviation of the nitrogen concentration of the substrate region from the average value of the nitrogen concentration of the substrate region is greater than the minimum value of the nitrogen concentration of the first silicon carbide layer.

(57) 要約: 炭化珪素再生基板は、炭化珪素基板と、第1炭化珪素層とを有している。炭化珪素基板は、第1主面と、第1主面と反対側の第2主面とを有している。第1炭化珪素層は、第1主面に接している。炭化珪素基板は、第1主面から第2主面に向かって10 μm 以内の基板領域を含んでいる。第1主面に対して垂直な方向において、基板領域の窒素濃度の平均値から基板領域の窒素濃度の標準偏差の3倍の値を引いた値は、第1炭化珪素層における窒素濃度の最小値よりも大きい。

[続葉有]

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

炭化珪素再生基板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、炭化珪素再生基板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、2019年1月8日に出願した日本特許出願である特願2019-001173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2016-52991号公報（特許文献1）には、炭化珪素エピタキシャル基板が記載されている。特開2016-52991号公報に記載の炭化珪素エピタキシャル基板は、炭化珪素基板と、炭化珪素基板の一方の主面上に形成されたエピタキシャル層とを有している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-52991号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る炭化珪素再生基板は、炭化珪素基板と、第1炭化珪素層とを備えている。炭化珪素基板は、第1主面と、第1主面と反対側の第2主面とを有している。第1炭化珪素層は、第1主面に接している。炭化珪素基板は、第1主面から第2主面に向かって10 μ m以内の基板領域を含んでいる。第1主面に対して垂直な方向において、基板領域の窒素濃度の平均値から基板領域の窒素濃度の標準偏差の3倍の値を引いた値は、第1炭化珪素層における窒素濃度の最小値よりも大きい。

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再生基板の構成を示す断面模式図である。

[図2]図2は、図1の領域ⅠⅠの構成を示す拡大断面模式図である。

[図3]図3は、炭化珪素再生基板の厚み方向における窒素濃度プロファイルを示す模式図である。

[図4]図4は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の変形例の構成を示す断面模式図である。

[図5]図5は、図4の領域Ⅴの構成を示す拡大断面模式図である。

[図6]図6は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法を示す工程図である。

[図7]図7は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法の基板受入工程を示す断面模式図である。

[図8]図8は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法のエピタキシャル成長工程後の状態を示す断面模式図である。

[図9]図9は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法の機械研磨工程後の状態を示す断面模式図である。

[図10]図10は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法を示す工程図である。

[図11]図11は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第1工程を示す断面模式図である。

[図12]図12は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第2工程を示す断面模式図である。

[図13]図13は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第3工程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の第4工程を示す断面模式図である。

[図15]図15は、本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第5工程を示す断面模式図である。

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、エピタキシャル成長の前後における反りの変化量の絶対値を低減可能な炭化珪素再生基板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]

上記によれば、エピタキシャル成長の前後における反りの変化量の絶対値を低減可能な炭化珪素再生基板および炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することができる。

[0008] [本開示の実施形態の概要]

まず本開示の実施形態の概要について説明する。本明細書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 $\{ \}$ でそれぞれ示す。結晶学上の指数が負であることは、通常、数字の上に“ $-$ ”（バー）を付すことによって表現されるが、本明細書では数字の前に負の符号を付すことによって結晶学上の負の指数を表現する。

[0009] (1) 本開示の一態様に係る炭化珪素再生基板 100 は、炭化珪素基板 10 と、第 1 炭化珪素層 21 とを備えている。炭化珪素基板 10 は、第 1 主面 1 と、第 1 主面 1 と反対側の第 2 主面 2 とを有している。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 主面 1 に接している。炭化珪素基板 10 は、第 1 主面 1 から第 2 主面 2 に向かって $10\ \mu\text{m}$ 以内の基板領域 11 を含んでいる。第 1 主面 1 に対して垂直な方向において、基板領域 11 の窒素濃度の平均値から基板領域 11 の窒素濃度の標準偏差の 3 倍の値を引いた値は、第 1 炭化珪素層 21 における窒素濃度の最小値よりも大きい。

[0010] (2) 上記 (1) に係る炭化珪素再生基板 100 において、最小値は、平均値を 1000 で除した値よりも大きくてもよい。

[0011] (3) 上記 (1) または (2) に係る炭化珪素再生基板 100 において、炭化珪素基板 10 は、外周面 7 と、第 1 主面 1 および外周面 7 の各々に連なりかつ第 1 主面 1 から外周面 7 に向かうに従って第 2 主面 2 側に傾斜している第 1 傾斜面 4 と、第 2 主面 2 および外周面 7 の各々に連なりかつ第 2 主面 2 から外周面 7 に向かうに従って第 1 主面 1 側に傾斜している第 2 傾斜面 6

とをさらに有していてもよい。第1炭化珪素層21は、第1傾斜面4に接していてもよい。第1炭化珪素層21は、第1傾斜面4に対向する第3傾斜面5を有していてもよい。第1主面1に平行な方向における第3傾斜面5の長さは、第2主面2に平行な方向における第2傾斜面6の長さよりも大きいてもよい。第1主面1に垂直な方向における第3傾斜面5の長さは、第2主面2に垂直な方向における第2傾斜面6の長さよりも大きいてもよい。

[0012] (4) 上記(1)～(3)のいずれかに係る炭化珪素再生基板100において、第2主面2に接する第2炭化珪素層22をさらに備えていてもよい。

[0013] (5) 上記(4)に係る炭化珪素再生基板100において、第2炭化珪素層22の厚みは、第1炭化珪素層21の厚みよりも大きいてもよい。

[0014] (6) 本開示の一態様に係る炭化珪素半導体装置の製造方法は、上記(1)～(5)のいずれかに記載の炭化珪素再生基板100を準備する工程と、炭化珪素再生基板100を加工する工程とを備えている。

[0015] [本開示の実施形態の詳細]

次に、本開示の実施形態の詳細について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の図面においては、同一又は相当する部分に同一の参照符号を付し、重複する説明は繰り返さない。

[0016] (炭化珪素再生基板)

図1は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の構成を示す断面模式図である。図1に示されるように、本実施形態に係る炭化珪素再生基板100は、炭化珪素基板10と、第1炭化珪素層21とを有している。炭化珪素基板10は、第1主面1と、第2主面2とを有している。第2主面2は、第1主面1と反対側の面である。炭化珪素基板10は、第1基板領域11と、第2基板領域12とを有している。第1基板領域11は、第1主面1から第2主面2に向かって10 μ m以内領域である。第1基板領域11は、第1主面1を構成している。第1基板領域11の厚み(第1厚みT1)は、10 μ mである。炭化珪素基板10の厚み(第2厚みT2)は、特に限定されないが、たとえば350 μ m以上500 μ m以下である。炭化珪素基板10は、略円板

状を有している。炭化珪素基板 10 の直径は、たとえば 150 mm 以上である。

[0017] 炭化珪素基板 10 は、たとえば炭化珪素単結晶から構成される。炭化珪素基板 10 を構成する炭化珪素のポリタイプは、たとえば 4 H である。第 2 主面 2 は、たとえば $\{0001\}$ 面または $\{000\bar{1}\}$ 面に対して 2° 以上 6° 以下のオフ角で傾斜した面である。具体的には、第 2 主面 2 は、たとえば (0001) 面または $(000\bar{1})$ 面に対して 2° 以上 6° 以下のオフ角で傾斜した面である。代替的に、第 2 主面 2 は、たとえば $(000-1)$ 面または $(000-1)$ 面に対して 2° 以上 6° 以下のオフ角で傾斜した面であってもよい。第 1 主面 1 が $\{0001\}$ 面に対して傾斜している場合、第 1 主面 1 の傾斜方向（オフ方向）は、たとえば $\langle 11-20 \rangle$ 方向である。

[0018] 第 1 炭化珪素層 21 は、炭化珪素基板 10 の第 1 主面 1 側に位置している。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 主面 1 に接している。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 主面 1 において、第 1 基板領域 11 に接している。第 1 主面 1 は、裏面である。裏面とは、縦型半導体装置の裏面電極（たとえばドレイン電極）が形成される面である。第 2 主面 2 は、表面である。表面とは、縦型半導体装置の表面電極（たとえばソース電極）が形成される面である。

[0019] 第 1 炭化珪素層 21 の厚み（第 3 厚み T3）は、特に限定されないが、たとえば $3\ \mu\text{m}$ である。第 3 厚み T3 は、たとえば $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。第 1 炭化珪素層 21 の厚み（第 3 厚み T3）は、炭化珪素基板 10 の厚み（第 2 厚み T2）よりも小さい。第 1 炭化珪素層 21 は、たとえばエピタキシャル成長により形成された層である。第 1 炭化珪素層 21 を構成する炭化珪素のポリタイプは、たとえば 4 H である。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 主面 1 に対向する第 3 主面 3 を有している。第 3 主面 3 は、たとえば $\{0001\}$ 面または $\{000\bar{1}\}$ 面に対して 2° 以上 6° 以下のオフ角で傾斜した面である。

[0020] 図 2 は、図 1 の領域 11 の構成を示す拡大断面模式図である。図 2 に示されるように、炭化珪素基板 10 の外周部分に対しては、面取り加工が行われ

ている。具体的には、炭化珪素基板 10 は、外周面 7 と、第 1 傾斜面 4 と、第 2 傾斜面 6 とを有している。外周面 7 は、炭化珪素基板 10 の外周に露出している環状の面である。第 1 傾斜面 4 は、第 1 主面 1 および外周面 7 の各々に連なっている。第 1 傾斜面 4 は、第 1 主面 1 から外周面 7 に向かうに従って第 2 主面 2 側に傾斜している。第 1 傾斜面 4 と第 1 主面 1 とがなす角度（第 1 角度 θ_1 ）は、 90° よりも大きく、 180° よりも小さい。第 1 傾斜面 4 と外周面 7 とがなす角度（第 2 角度 θ_2 ）は、 90° よりも大きく、 180° よりも小さい。第 1 傾斜面 4 は、第 1 基板領域 11 によって構成されている。

[0021] 図 2 に示されるように、第 2 傾斜面 6 は、第 2 主面 2 および外周面 7 の各々に連なっている。第 2 傾斜面 6 は、第 2 主面 2 から外周面 7 に向かうに従って第 1 主面 1 側に傾斜している。第 2 傾斜面 6 と第 2 主面 2 とがなす角度（第 3 角度 θ_3 ）は、 90° よりも大きく、 180° よりも小さい。第 2 傾斜面 6 と外周面 7 とがなす角度（第 4 角度 θ_4 ）は、 90° よりも大きく、 180° よりも小さい。第 2 傾斜面 6 は、第 2 基板領域 12 によって構成されている。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 傾斜面 4 に接している。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 傾斜面 4 に対向する第 3 傾斜面 5 を有している。第 3 傾斜面 5 は、第 1 傾斜面 4 とほぼ平行である。第 3 傾斜面 5 は、第 3 主面 3 の外周側に位置している。第 3 傾斜面 5 は、第 3 主面 3 に連なっている。

[0022] 第 1 主面 1 に平行な方向における第 3 傾斜面 5 の長さ（第 3 横方向長さ a_3 ）は、第 2 主面 2 に平行な方向における第 2 傾斜面 6 の長さ（第 2 横方向長さ a_2 ）よりも大きくてもよい。第 1 主面 1 に垂直な方向における第 3 傾斜面 5 の長さ（第 3 縦方向長さ b_3 ）は、第 2 主面 2 に垂直な方向における第 2 傾斜面 6 の長さ（第 2 縦方向長さ b_2 ）よりも大きくてもよい。

[0023] 炭化珪素基板 10 および第 1 炭化珪素層 21 の各々は、 n 型不純物としての窒素（N）を含んでいる。炭化珪素基板 10 および第 1 炭化珪素層 21 の各々の導電型は、 n 型である。図 3 は、炭化珪素再生基板 100 の厚み方向における窒素濃度プロファイルを示す模式図である。図 3 の横軸は、炭化珪

素再生基板 100 の厚み方向の位置を示している。第 3 の縦軸は、炭化珪素再生基板 100 における窒素濃度を示している。

[0024] 図 3 に示されるように、炭化珪素基板 10 における窒素濃度は、厚み方向においてほぼ一定の値を示している。炭化珪素基板 10 の第 1 基板領域 11 の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave}) は、たとえば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 炭化珪素層 21 と炭化珪素基板 10 の境界面 (第 1 主面 1) よりも第 3 主面 3 側に向かうにつれて、窒素濃度が減少する領域を有する。第 1 炭化珪素層 21 の位置 P1 において、第 1 炭化珪素層 21 の窒素濃度は最小値 (N_{2_min}) を示す。位置 P1 は、第 1 主面 1 に対して垂直な方向において、第 3 主面 3 と第 1 主面 1 との間に位置している。

[0025] 第 1 主面 1 に対して垂直な方向において、第 1 炭化珪素層 21 の窒素濃度は、位置 P1 から第 1 主面 1 に向かうにつれて、単調に増加していてもよい。別の観点から言えば、第 1 炭化珪素層 21 は、窒素濃度が最小値を示す位置 P1 から第 1 主面 1 に向かうにつれて、窒素濃度が単調に増加する領域を有していてもよい。同様に、第 1 主面 1 に対して垂直な方向において、第 1 炭化珪素層 21 の窒素濃度は、位置 P1 から第 3 主面 3 に向かうにつれて、単調に増加していてもよい。別の観点から言えば、第 1 炭化珪素層 21 は、窒素濃度が最小値を示す位置 P1 から第 3 主面 3 に向かうにつれて、窒素濃度が単調に増加する領域を有していてもよい。

[0026] 図 3 に示されるように、第 1 基板領域 11 の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave}) は、第 1 炭化珪素層 21 における窒素濃度の最小値 (N_{2_min}) よりも大きい。具体的には、第 1 主面 1 に対して垂直な方向において、第 1 基板領域 11 の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave}) から第 1 基板領域 11 の窒素濃度の標準偏差の 3 倍の値を引いた値は、第 1 炭化珪素層 21 における窒素濃度の最小値 (N_{2_min}) よりも大きい。第 1 炭化珪素層 21 における窒素濃度の最小値 (N_{2_min}) は、第 1 基板領域 11 の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave}) を 1000 で除した値よりも大きくてもよい。第 1 炭化珪素層 21 における窒素濃度の最小値 (N_{2_min}) は、第 1 基板領域

11の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave})を800で除した値よりも大きくてもよいし、500で除した値よりも大きくてもよい。第1炭化珪素層21における窒素濃度の最小値 (N_{2_min})は、第1基板領域11の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave})を10で除した値よりも小さくてもよい。

[0027] 次に、窒素濃度の測定方法について説明する。

炭化珪素再生基板100の窒素濃度は、二次イオン質量分析法 (SIMS) を用いて測定することができる。測定装置は、たとえばCameca製の二次イオン質量分析装置である。測定ピッチは、たとえば $0.01\mu m$ である。一次イオンビーム(primary ion beam)は、セシウム(Cs)である。一次イオンエネルギーは、 $14.5eV$ である。二次イオンの極性(secondary ion polarity)は、負(negative)である。

[0028] 次に、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の変形例の構成について説明する。

図4は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の変形例の構成を示す断面模式図である。図4に示されるように、実施形態に係る炭化珪素再生基板100の変形例は、図1の構成に加え、さらに第2炭化珪素層22を有している。つまり、炭化珪素再生基板100は、炭化珪素基板10と、第1炭化珪素層21と、第2炭化珪素層22とにより構成されていてもよい。第2炭化珪素層22は、第2主面2に接している。別の観点から言えば、第2炭化珪素層22は、第2主面2において、第2基板領域12に接している。第2炭化珪素層22の厚み(第4厚み T_4)は、第1炭化珪素層21の厚み(第3厚み T_3)よりも大きくてもよい。第4厚み T_4 は、たとえば第3厚み T_3 の2倍以上であってもよい。第4厚み T_4 は、たとえば $5\mu m$ 以上 $100\mu m$ 以下である。

[0029] 第2炭化珪素層22は、n型不純物としての窒素(N)を含んでいる。第2炭化珪素層22の導電型は、n型である。第2炭化珪素層22の窒素濃度の平均値は、炭化珪素基板10の第1基板領域11の窒素濃度の平均値 (N_{1_ave})よりも小さくてもよい。第2炭化珪素層22の窒素濃度の平均値は、第1

炭化珪素層 2 1 における窒素濃度の最小値 (N_{2_min}) よりも大きくてもよい。

[0030] 図 5 は、図 4 の領域 V の構成を示す拡大断面模式図である。図 5 に示されるように、第 2 炭化珪素層 2 2 は、第 4 主面 8 と、第 4 傾斜面 9 とを有している。第 4 主面 8 は、第 2 主面 2 に対向している。第 4 傾斜面 9 は、第 2 傾斜面 6 に対向している。第 4 傾斜面 9 は、第 4 主面 8 の外周側に位置している。第 4 傾斜面 9 は、第 4 主面 8 に連なっている。第 4 傾斜面 9 は、第 2 傾斜面 6 とほぼ平行である。第 1 主面 1 に平行な方向における第 3 傾斜面 5 の長さ（第 3 横方向長さ a_3 ）は、第 2 主面 2 に平行な方向における第 4 傾斜面 9 の長さ（第 4 横方向長さ a_4 ）よりも大きくてもよい。第 1 主面 1 に垂直な方向における第 3 傾斜面 5 の長さ（第 3 縦方向長さ b_3 ）は、第 2 主面 2 に垂直な方向における第 4 傾斜面 9 の長さ（第 4 縦方向長さ b_4 ）よりも大きくてもよい。

[0031] （炭化珪素再生基板の製造方法）

次に、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法について説明する。

[0032] 図 6 は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法を示す工程図である。図 6 に示されるように、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法は、基板受入工程（S 1：図 6）と、エピタキシャル成長工程（S 2：図 6）と、研削工程（S 3：図 6）と、機械研磨工程（S 4：図 6）と、化学機械研磨工程（S 5：図 6）とを主に有している。

[0033] まず、基板受入工程（S 1：図 6）が実施される。基板受入工程においては、炭化珪素基板 1 0 が準備される。図 7 は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 の製造方法の基板受入工程を示す断面模式図である。炭化珪素基板 1 0 は、炭化珪素の単結晶で形成されている。炭化珪素基板 1 0 は、たとえばポリタイプが 4 H の六方晶炭化珪素の単結晶で形成されている。炭化珪素基板 1 0 は、第 1 主面 1 と、第 1 傾斜面 4 と、第 2 主面 2 と、第 2 傾斜面 6 と、外周面 7 とを有している。第 1 傾斜面 4 は、第 1 主面 1 および外周面 7 の双方に連なっている。第 1 傾斜面 4 は、第 1 主面 1 から外周面 7 に向かうにしたがって上方（第 2 主面 2 側）に傾斜している。

[0034] 図7に示されるように、第2主面2は、第1主面1の反対側の面である。

第2傾斜面6は、第2主面2および外周面7の双方に連なっている。第2傾斜面6は、第2主面2から外周面7に向かうにしたがって下方（第1主面1側）に傾斜している。第1主面1に平行な方向における第1傾斜面4の長さ（第1横方向長さ a_1 ）は、第2主面2に平行な方向における第2傾斜面6の長さ（第2横方向長さ a_2 ）よりも大きくてもよい。第1主面1に垂直な方向における第1傾斜面4の長さ（第1縦方向長さ b_1 ）は、第2主面2に垂直な方向における第2傾斜面6の長さ（第2縦方向長さ b_2 ）よりも大きくてもよい。

[0035] 次に、エピタキシャル成長工程（S2：図6）が実施される。エピタキシャル成長工程においては、たとえばCVD（Chemical Vapor Deposition）法によって、炭化珪素層がエピタキシャル成長により形成される。たとえばシランとプロパンと窒素と水素とを含む混合ガスがCVD装置のチャンバ内に導入される。その際、チャンバ内の温度は、たとえば1630℃程度に維持されている。窒素ガスの代わりにアンモニアガスが用いられてもよい。

[0036] エピタキシャル成長は、主に表面側において行われるが、混合ガスは、炭化珪素基板10の裏面側にも回り込む。特に、炭化珪素基板10が反っていると、炭化珪素基板10の裏面と、サセプタとの間に隙間が形成されるため、裏面側に混合ガスが入り込む。また、第1傾斜面4の第1横方向長さ a_1 および第1縦方向長さ b_1 が大きい場合にも、炭化珪素基板10の裏面側に混合ガスが入り込みやすくなる。このような場合には、炭化珪素基板10の表面側だけでなく裏面側においても、炭化珪素の堆積または昇華が起こる。

[0037] 図8は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法のエピタキシャル成長工程後の状態を示す断面模式図である。図8に示されるように、エピタキシャル成長工程においては、炭化珪素基板10の表面（第2主面2および第2傾斜面6）に、第3炭化珪素層23が形成される。第3炭化珪素層23

の厚みは、たとえば $10\mu\text{m}$ である。同時に、炭化珪素基板10の裏面（第1主面1および第1傾斜面4）に、第1炭化珪素層21が形成される。第1炭化珪素層21の厚みは、たとえば $3\mu\text{m}$ である。

[0038] 図8に示されるように、第3炭化珪素層23は、第5主面31と、第5傾斜面32とを有している。第5主面31は、第2主面2に対向している。第5傾斜面32は、第2傾斜面6に対向している。第5傾斜面32は、第5主面31の外周側に位置している。第5傾斜面32は、第5主面31に連なっている。第5傾斜面32は、第2傾斜面6とほぼ平行である。第1主面1に平行な方向における第3傾斜面5の長さ（第3横方向長さ a_3 ）は、第2主面2に平行な方向における第5傾斜面32の長さ（第5横方向長さ a_5 ）よりも大きくてもよい。第1主面1に垂直な方向における第3傾斜面5の長さ（第3縦方向長さ b_3 ）は、第2主面2に垂直な方向における第5傾斜面32の長さ（第5縦方向長さ b_5 ）よりも大きくてもよい。

[0039] 次に、第3炭化珪素層23の評価が行われる。具体的には、第3炭化珪素層23に不良が発生しているかどうか判断される。より具体的には、第3炭化珪素層23における不純物濃度や欠陥密度が所定の基準を満たしているかどうか判断される。第3炭化珪素層23に不良が発生していると判断された場合には、第3炭化珪素層23が除去される。以下、第3炭化珪素層23の除去方法について説明する。

[0040] まず、研削工程（S3：図6）が実施される。研削工程においては、第5主面31側に対して研削が行われる。研削装置は、たとえばディスコ製のDAG-810である。砥石は、たとえばダイヤモンド砥石である。砥石の番手は、#2000である。スピンドルの回転数は、たとえば4000rpmである。テーブルの回転数は、たとえば50rpmである。送り速度は、たとえば $0.2\mu\text{m}/\text{秒}$ である。以上のように、第3炭化珪素層23の少なくとも一部は、研削によって除去される。

[0041] 次に、機械研磨工程（S4：図6）が実施される。機械研磨工程においては、炭化珪素基板10の第2主面2側に対して機械研磨が行われる。具体的

には、炭化珪素基板 10 の第 2 主面 2 が定盤に対向するように炭化珪素基板 10 が研磨ヘッドに保持される。機械研磨装置は、たとえばラップマスター製の L G P - 6 1 2 である。定盤と第 2 主面 2 との間に砥粒を含むスラリーが供給される。砥粒は、たとえばダイヤモンド砥粒である。砥粒の粒径は、たとえば $1\ \mu\text{m}$ である。定盤の回転数は、たとえば $60\ \text{rpm}$ である。これにより、第 3 炭化珪素層 23 が炭化珪素基板 10 から除去される。

[0042] 図 9 は、本実施形態に係る炭化珪素再生基板の製造方法の機械研磨工程後の状態を示す断面模式図である。図 9 に示されるように、第 2 主面 2 上における第 3 炭化珪素層 23 は除去され、第 2 主面 2 が露出している。第 2 傾斜面 6 上において、第 3 炭化珪素層 23 の一部が残っていてもよい。第 1 炭化珪素層 21 は、第 1 主面 1 および第 1 傾斜面 4 の各々に接した状態で維持されている。

[0043] 次に、化学的機械研磨工程（S5：図 6）が実施される。化学的機械研磨工程においては、炭化珪素基板 10 の第 2 主面 2 側に対して化学的機械研磨が行われる。具体的には、第 2 主面 2 が研磨布に対向するように炭化珪素基板 10 が研磨ヘッドに保持される。研磨布と第 2 主面 2 との間にスラリーが供給される。スラリーは、たとえばコロイダルシリカスラリーである。スラリーは、たとえばフジミコーポレーテッド製の D S C - 0 9 0 2 である。研磨布は、たとえばスエード製である。定盤の回転数は、たとえば $60\ \text{rpm}$ である。化学的機械研磨工程において、第 2 傾斜面 6 上に残っていた第 3 炭化珪素層 23 の一部が除去される。これにより、本実施形態に係る炭化珪素再生基板 100 が製造される（図 1 参照）。

[0044] なお、上記研削工程（S3：図 6）、機械研磨工程（S4：図 6）および化学的機械研磨工程（S5：図 6）においては、炭化珪素基板 10 の片面（第 2 主面 2 側）のみが加工される。これにより、第 3 炭化珪素層 23 が除去される。つまり、上記研削工程（S3：図 6）、機械研磨工程（S4：図 6）および化学的機械研磨工程（S5：図 6）においては、第 3 主面 3 に対して加工が行われない。そのため、第 1 炭化珪素層 21 は、除去されずに残さ

れる。

[0045] (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300の製造方法について説明する。

[0046] 本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法は、炭化珪素再生基板100準備工程(S10:図10)と、基板加工工程(S20:図10)とを主に有する。

[0047] まず、炭化珪素再生基板準備工程(S10:図10)が実施される。具体的には、上述の炭化珪素再生基板100の製造方法を用いて、図1に示される炭化珪素再生基板100が準備される。次に、炭化珪素再生基板100上においてエピタキシャル成長が実施される。具体的には、CVD(Chemical Vapor Deposition)法によって、第2炭化珪素層22がエピタキシャル成長により形成される。第2炭化珪素層22のエピタキシャル成長条件は、上述の第3炭化珪素層23のエピタキシャル成長条件と同じであってもよい。以上により、第1炭化珪素層21と、第2炭化珪素層22と、炭化珪素基板10とを有する炭化珪素再生基板100が準備される(図11参照)。

[0048] 次に、基板加工工程(S20:図10)が実施される。具体的には、炭化珪素再生基板100を加工することにより、炭化珪素半導体装置が製造される。「加工」には、たとえば、イオン注入、熱処理、エッチング、酸化膜形成、電極形成、ダイシング等の各種加工が含まれる。すなわち基板加工ステップは、イオン注入、熱処理、エッチング、酸化膜形成、電極形成およびダイシングのうち、少なくともいずれかの加工を含むものであってもよい。

[0049] 以下では、炭化珪素半導体装置の一例としてのMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)の製造方法を説明する。基板加工工程(S20:図10)は、たとえばイオン注入工程(S21:図10)、酸化膜形成工程(S22:図10)、電極形成工程(S23:図10)およびダイシング工程

(S 2 4 : 図 1 0) を含む。

[0050] まず、イオン注入工程 (S 2 1 : 図 1 0) が実施される。開口部を有するマスク (図示せず) が形成された第 4 主面 8 に対して、たとえばアルミニウム (A l) 等の p 型不純物が注入される。これにより、p 型の導電性を有するボディ領域 1 3 2 が形成される。次に、ボディ領域 1 3 2 内の所定位置に、たとえばリン (P) 等の n 型不純物が注入される。これにより、n 型の導電性を有するソース領域 1 3 3 が形成される。次に、アルミニウム等の p 型不純物がソース領域 1 3 3 内の所定位置に注入される。これにより、p 型の導電性を有するコンタクト領域 1 3 4 が形成される (図 1 2 参照)。

[0051] 第 2 炭化珪素層 2 2 において、ボディ領域 1 3 2、ソース領域 1 3 3 およびコンタクト領域 1 3 4 以外の部分は、ドリフト領域 1 3 1 となる。ソース領域 1 3 3 は、ボディ領域 1 3 2 によってドリフト領域 1 3 1 から隔てられている。イオン注入は、炭化珪素再生基板 1 0 0 を 3 0 0℃以上 6 0 0℃以下程度に加熱して行われてもよい。イオン注入の後、炭化珪素再生基板 1 0 0 に対して活性化アニールが行われる。活性化アニールにより、第 2 炭化珪素層 2 2 に注入された不純物が活性化し、各領域においてキャリアが生成される。活性化アニールの雰囲気は、たとえばアルゴン (A r) 雰囲気である。活性化アニールの温度は、たとえば 1 8 0 0℃程度である。活性化アニールの時間は、たとえば 3 0 分程度である。

[0052] 次に、酸化膜形成工程 (S 2 2 : 図 1 0) が実施される。たとえば炭化珪素再生基板 1 0 0 が酸素を含む雰囲気中において加熱されることにより、第 4 主面 8 上に酸化膜 1 3 6 が形成される (図 1 3 参照)。酸化膜 1 3 6 は、たとえば二酸化珪素等から構成される。酸化膜 1 3 6 は、ゲート絶縁膜として機能する。熱酸化処理の温度は、たとえば 1 3 0 0℃程度である。熱酸化処理の時間は、たとえば 3 0 分程度である。

[0053] 酸化膜 1 3 6 が形成された後、さらに窒素雰囲気中で熱処理が行なわれてもよい。たとえば、一酸化窒素の雰囲気中、1 1 0 0℃程度で 1 時間程度、熱処理が実施される。さらにその後、アルゴン雰囲気中で熱処理が行なわれ

る。たとえば、アルゴン雰囲気中、 1100°C 以上 1500°C 以下程度で、1時間程度、熱処理が行われる。

[0054] 次に、電極形成工程（S23：図10）が実施される。具体的には、ゲート電極141は、酸化膜136上に形成される。ゲート電極141は、たとえばCVD（Chemical Vapor Deposition）法により形成される。ゲート電極141は、たとえば導電性を有するポリシリコン等から構成される。ゲート電極141は、ソース領域133およびボディ領域132に対面する位置に形成される。

[0055] 次に、ゲート電極141を覆う層間絶縁膜137が形成される。層間絶縁膜137は、たとえばCVD法により形成される。層間絶縁膜137は、たとえば二酸化珪素等から構成される。層間絶縁膜137は、ゲート電極141と酸化膜136とに接するように形成される。次に、酸化膜136および層間絶縁膜137の一部がエッチングによって除去される。これにより、ソース領域133およびコンタクト領域134が、酸化膜136から露出する。

[0056] 次に、たとえばスパッタリング法により当該露出部にソース電極142が形成される。ソース電極142は、たとえばチタン、アルミニウムおよびシリコン等から構成される。ソース電極142が形成された後、ソース電極142と炭化珪素再生基板100が、たとえば 900°C 以上 1100°C 以下程度の温度で加熱される。これにより、ソース電極142と炭化珪素再生基板100とがオーミック接触するようになる。次に、ソース電極142に接するように、配線層138が形成される（図14参照）。配線層138は、たとえばアルミニウムを含む材料から構成される。

[0057] 次に、裏面研磨工程が実施される。裏面研磨工程においては、第1炭化珪素層21が除去される。第1炭化珪素層21が除去された後、さらに炭化珪素基板10の一部が除去される。これにより、炭化珪素基板10の厚みが低減される。次に、炭化珪素基板10の第1主面1にドレイン電極143が形成される。ドレイン電極143は、たとえばニッケルおよびシリコンを含む

合金（たとえばNiSi等）から構成される。ドレイン電極143は、第1主面1において、炭化珪素基板10に接するように形成される。

[0058] 次に、ダイシング工程（S24：図10）が実施される。たとえば炭化珪素再生基板100がダイシングラインに沿ってダイシングされることにより、炭化珪素再生基板100が複数の半導体チップに分割される。以上より、炭化珪素半導体装置300が製造される（図15参照）。

[0059] なお上記において、平面型MOSFETを例示して、本開示に係る炭化珪素半導体装置の製造方法を説明したが、本開示に係る製造方法はこれに限定されない。本開示に係る製造方法は、たとえばトレンチ型MOSFET、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）、SBD（Schottky Barrier Diode）、サイリスタ、GTO（Gate Turn Off thyristor）、PNダイオード等の炭化珪素半導体装置に適用可能である。

[0060] 次に、本実施形態に係る炭化珪素再生基板および炭化珪素半導体装置の製造方法の作用効果について説明する。

[0061] 本実施形態に係る炭化珪素再生基板100によれば、炭化珪素基板10と、第1炭化珪素層21とを有している。炭化珪素基板10は、第1主面1と、第1主面1と反対側の第2主面2とを有している。第1炭化珪素層21は、第1主面1に接している。第1炭化珪素層21が第1主面1側に設けられている場合には、第2主面2上に第2炭化珪素層22がエピタキシャル成長により形成される際、炭化珪素基板10が第1炭化珪素層21と第2炭化珪素層22とに挟まれた状態になる。そのため、炭化珪素基板10の厚み方向において応力が均衡する方向に作用する。結果として、第2主面2上に第2炭化珪素層22がエピタキシャル成長により形成される前後における反りの変化量の絶対値が低減される。

[0062] また本実施形態に係る炭化珪素再生基板100は、第1炭化珪素層21が炭化珪素基板10の第1主面1に接している状態で第2主面2に対して研削および機械研磨が行われることにより製造される。第1主面1が第1炭化珪

素層 2 1 によって保護されているため、炭化珪素基板 1 0 の第 1 主面 1 に対してダメージが与えられることを抑制することができる。

[0063] さらに本実施形態に係る炭化珪素半導体装置 3 0 0 の製造方法によれば、搬送工程における炭化珪素再生基板 1 0 0 の搬送不良率を低減することができる。また本実施形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法によれば、露光工程におけるウエハの炭化珪素再生基板 1 0 0 の吸着不良率を低減することができる。

実施例 1

[0064] (サンプル準備)

まず、サンプル 1 および 2 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 が準備された。サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 を実施例とした。サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 を比較例とした。サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 は、炭化珪素基板 1 0 と、第 1 炭化珪素層 2 1 とを有している。サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 は、炭化珪素基板 1 0 を有しているが、第 1 炭化珪素層 2 1 を有していない。

[0065] サンプル 1 および 2 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 は、以下の点を除き、上記炭化珪素再生基板 1 0 0 の製造方法に従って製造された。具体的には、サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 は、上記研削工程 (S 3 : 図 6)、機械研磨工程 (S 4 : 図 6) および化学的機械研磨工程 (S 5 : 図 6) において、片面 (第 2 主面 2 側) のみが加工されることにより製造された。そのため、第 1 炭化珪素層 2 1 は、除去されずに残された。一方、サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 1 0 0 は、上記研削工程 (S 3 : 図 6)、機械研磨工程 (S 4 : 図 6) および化学的機械研磨工程 (S 5 : 図 6) において、両面 (第 1 主面 1 側および第 2 主面 2 側) が加工されることにより製造された。そのため、第 1 炭化珪素層 2 1 は、除去された。

[0066] 次に、二次イオン質量分析法 (S I M S) を用いて、炭化珪素再生基板 1 0 0 の窒素濃度が測定された。測定装置は、C a m e c a 製の二次イオン質量分析装置とした。測定ピッチは、0. 0 1 μ m とした。窒素濃度は、炭化

珪素再生基板 100 の裏面側から表面側に向かって炭化珪素再生基板 100 を掘り進めて測定された。サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 100 においては、裏面から $3\ \mu\text{m}$ の領域が第 1 炭化珪素層 21 の領域である。サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 100 においては、裏面から $3\ \mu\text{m}$ の領域は炭化珪素基板 10 の領域である。裏面から $3\ \mu\text{m}$ の領域における窒素濃度の最小値を N_{2_min} とした。

[0067] サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 100 においては、裏面から表面に向かって $3\ \mu\text{m}$ 離れた位置は、第 1 炭化珪素層 21 と炭化珪素基板 10 の境界である。サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 100 においては、裏面から表面に向かって $3\ \mu\text{m}$ 離れた位置は炭化珪素基板 10 の領域である。裏面から表面に向かって $3\ \mu\text{m}$ 離れた位置から、裏面から表面に向かって $13\ \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域における窒素濃度の平均値および標準偏差をそれぞれ N_{1_ave} と $\sigma(N_1)$ とした。

[0068] 表 1 に示されるように、サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 100 の N_{2_min} 、 N_{1_ave} 、 $\sigma(N_1)$ および N_{2_min} は、それぞれ、 $6.81 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ 、 $7.74 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$ および $2.31 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$ である。サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 100 の N_{1_ave} 、 $\sigma(N_1)$ および N_{2_min} は、は、それぞれ、 $3.53 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ 、 $8.46 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$ および $3.36 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ である。

[0069] [表1]

サンプル番号	サンプル 1	サンプル 2
第 1 炭化珪素層	有	無
$N_{1_ave}\ (\text{cm}^{-3})$	6.81×10^{18}	3.53×10^{18}
$\sigma(N_1)\ (\text{cm}^{-3})$	7.74×10^{16}	8.46×10^{16}
$N_{2_min}\ (\text{cm}^{-3})$	2.31×10^{16}	3.36×10^{18}
$N_{1_ave} - 3 \times \sigma(N_1)\ (\text{cm}^{-3})$	6.58×10^{18}	3.28×10^{18}
エピタキシャル成長前の WARP (μm)	41.6	22.2
エピタキシャル成長後の WARP (μm)	32.7	59.1
WARP の変化量 (μm)	-8.9	+36.9

[0070] (評価方法)

次に、炭化珪素再生基板 100 の第 2 主面 2 上に第 2 炭化珪素層 22 を形成する前および後における反りが測定された。まず、炭化珪素再生基板 100 の第 2 主面 2 上に第 2 炭化珪素層 22 を形成する前における炭化珪素再生基板 100 の反りが測定された。具体的には、第 2 炭化珪素層 22 形成前における炭化珪素再生基板 100 の WARP が測定された。次に、サンプル 1 および 2 の各々に係る炭化珪素再生基板 100 の第 2 主面 2 に第 2 炭化珪素層 22 をエピタキシャル成長によって形成した。具体的には、まず、サンプル 1 および 2 の各々に係る炭化珪素再生基板 100 が、第 2 主面 2 を露出させた状態で CVD 装置のチャンバ内に配置された。次に、シランとプロパンと窒素と水素とを含む混合ガスがチャンバ内に導入された。その際、チャンバ内の温度は、1630℃程度に維持された。第 2 炭化珪素層 22 の厚みは、10 μm であった。次に、第 2 炭化珪素層 22 形成後における炭化珪素再生基板 100 の WARP が測定された。

[0071] なお、WARP とは、反りの大きさの指標の一つであり、3 点基準平面に対して一方側に最も大きな変位値と当該 3 点基準平面との距離、および他方側に最も大きな変位値と当該 3 点基準平面との距離の和として算出される値である。3 点基準平面は、測定領域の内側の 3 点の測定点を通る平面である。3 点の測定点は、測定領域の直径の 3 % 内側であって、かつ 0°、120° および 240° の位置である。WARP の測定は、Trope l 社製の Flatmaster によって行われた。

[0072] (評価結果)

表 1 に示されるように、サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 100 の第 2 主面 2 上に第 2 炭化珪素層 22 を形成する前および後における WARP は、それぞれ 41.6 μm および 32.7 μm であった。WARP の変化量は、-8.9 μm であった。一方、サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 100 の第 2 主面 2 上に第 2 炭化珪素層 22 を形成する前および後における WARP は、それぞれ 22.2 μm および 59.1 μm であった。WARP の変化量

は、 $+36.9\mu\text{m}$ であった。以上の結果によれば、サンプル2に係る炭化珪素再生基板100と比較して、サンプル1に係る炭化珪素再生基板100は、エピタキシャル成長前後における反りの変化量の絶対値を低減可能であることが確認された。

実施例 2

[0073] (サンプル準備)

まず、サンプル1および2に係る炭化珪素再生基板100が準備された。サンプル1および2に係る炭化珪素再生基板100は、実施例1で説明したものと同一である。次に、炭化珪素再生基板100の第2主面2上に第2炭化珪素層22が形成された。

[0074] (評価方法)

第2主面2上に第2炭化珪素層22が形成された炭化珪素再生基板100を搬送する際における第1炭化珪素層21の影響を評価した。具体的には、炭化珪素半導体装置の製造する際における搬送不良率を評価した。炭化珪素再生基板100を搬送する際に、設備内に炭化珪素再生基板100が落下した場合と、炭化珪素再生基板100が認識できなかった場合とを搬送不良とした。搬送不良が発生した炭化珪素再生基板100の数を、搬送を試みた全ての炭化珪素再生基板100の数で除した値を、搬送不良率とした。

[0075] また第2主面2上に第2炭化珪素層22が形成された炭化珪素再生基板100を露光工程においてチャックに吸着する際における第1炭化珪素層21の影響を評価した。具体的には、炭化珪素半導体装置の製造する際における吸着不良率を評価した。炭化珪素再生基板100を吸着する際に、吸着圧が所定の値に満たない場合を吸着不良とした。吸着不良が発生した炭化珪素再生基板100の数を、吸着を試みた全ての炭化珪素再生基板100の数で除した値を、吸着不良率とした。

[0076] (評価結果)

[0077]

[表2]

サンプル番号	サンプル 1	サンプル 2
第 1 炭化珪素層	有	無
N_{1_ave} (cm^{-3})	6.81×10^{18}	3.53×10^{18}
σ (N_1) (cm^{-3})	7.74×10^{16}	8.46×10^{16}
N_{2_min} (cm^{-3})	2.31×10^{16}	3.36×10^{18}
$N_{1_ave} - 3 \times \sigma$ (N_1) (cm^{-3})	6.58×10^{18}	3.28×10^{18}
搬送不良率(%)	0	24
吸着不良率(%)	2	13

[0078] 表 2 に示されるように、サンプル 1 および 2 に係る炭化珪素再生基板 100 の搬送不良率は、それぞれ 0 % および 24 % であった。またサンプル 1 および 2 に係る炭化珪素再生基板 100 の吸着不良率は、それぞれ 2 % および 13 % であった。以上の結果によれば、サンプル 2 に係る炭化珪素再生基板 100 と比較して、サンプル 1 に係る炭化珪素再生基板 100 は、搬送不良率および吸着不良率を低減可能であることが確認された。

[0079] 今回開示された実施の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説明ではなくて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

[0080] 1 第 1 主面、2 第 2 主面、3 第 3 主面、4 第 1 傾斜面、5 第 3 傾斜面、6 第 2 傾斜面、7 外周面、8 第 4 主面、9 第 4 傾斜面、10 炭化珪素基板、11 基板領域（第 1 基板領域）、12 第 2 基板領域、21 第 1 炭化珪素層、22 第 2 炭化珪素層、23 第 3 炭化珪素層、31 第 5 主面、32 第 5 傾斜面、100 炭化珪素再生基板、131 ドリフト領域、132 ボディ領域、133 ソース領域、134 コンタクト領域、136 酸化膜、137 層間絶縁膜、138 配線層、141 ゲート電極、142 ソース電極、143 ドレイン電極、300 炭化珪素半導体装置、P1 位置、S1 基板受入工程、S2 エピタキシャル成

長工程、S 3 研磨工程、S 4 機械研磨工程、S 5 化学機械研磨工程、
T 1 第 1 厚み、T 2 第 2 厚み、T 3 第 3 厚み、T 4 第 4 厚み、a 1
第 1 横方向長さ、a 2 第 2 横方向長さ、a 3 第 3 横方向長さ、a 4
第 4 横方向長さ、a 5 第 5 横方向長さ、b 1 第 1 縦方向長さ、b 2 第
2 縦方向長さ、b 3 第 3 縦方向長さ、b 4 第 4 縦方向長さ、b 5 第 5
縦方向長さ、 θ 1 第 1 角度、 θ 2 第 2 角度、 θ 3 第 3 角度、 θ 4 第
4 角度。

請求の範囲

- [請求項1] 第1主面と、前記第1主面と反対側の第2主面とを有する炭化珪素基板と、
- 前記第1主面に接する第1炭化珪素層とを備え、
- 前記炭化珪素基板は、前記第1主面から前記第2主面に向かって10 μm 以内の基板領域を含み、
- 前記第1主面に対して垂直な方向において、前記基板領域の窒素濃度の平均値から前記基板領域の窒素濃度の標準偏差の3倍の値を引いた値は、前記第1炭化珪素層における窒素濃度の最小値よりも大きい、炭化珪素再生基板。
- [請求項2] 前記最小値は、前記平均値を1000で除した値よりも大きい、請求項1に記載の炭化珪素再生基板。
- [請求項3] 前記炭化珪素基板は、外周面と、前記第1主面および前記外周面の各々に連なりかつ前記第1主面から前記外周面に向かうに従って前記第2主面側に傾斜している第1傾斜面と、前記第2主面および前記外周面の各々に連なりかつ前記第2主面から前記外周面に向かうに従って前記第1主面側に傾斜している第2傾斜面とをさらに有し、
- 前記第1炭化珪素層は、前記第1傾斜面に接しており、
- 前記第1炭化珪素層は、前記第1傾斜面に対向する第3傾斜面を有し、
- 前記第1主面に平行な方向における前記第3傾斜面の長さは、前記第2主面に平行な方向における前記第2傾斜面の長さよりも大きく、かつ、
- 前記第1主面に垂直な方向における前記第3傾斜面の長さは、前記第2主面に垂直な方向における前記第2傾斜面の長さよりも大きい、請求項1または請求項2に記載の炭化珪素再生基板。
- [請求項4] 前記第2主面に接する第2炭化珪素層をさらに備えた、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の炭化珪素再生基板。

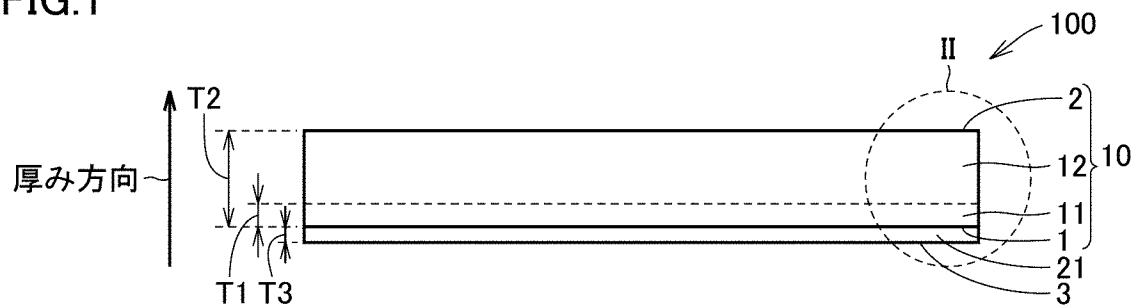
[請求項5] 前記第2炭化珪素層の厚みは、前記第1炭化珪素層の厚みよりも大きい、請求項4に記載の炭化珪素再生基板。

[請求項6] 請求項1～請求項5のいずれかに記載の炭化珪素再生基板を準備する工程と、

前記炭化珪素再生基板を加工する工程と、を備える、炭化珪素半導体装置の製造方法。

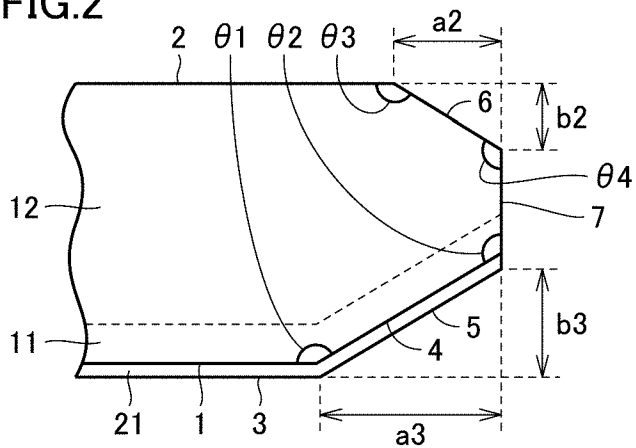
[図1]

FIG.1



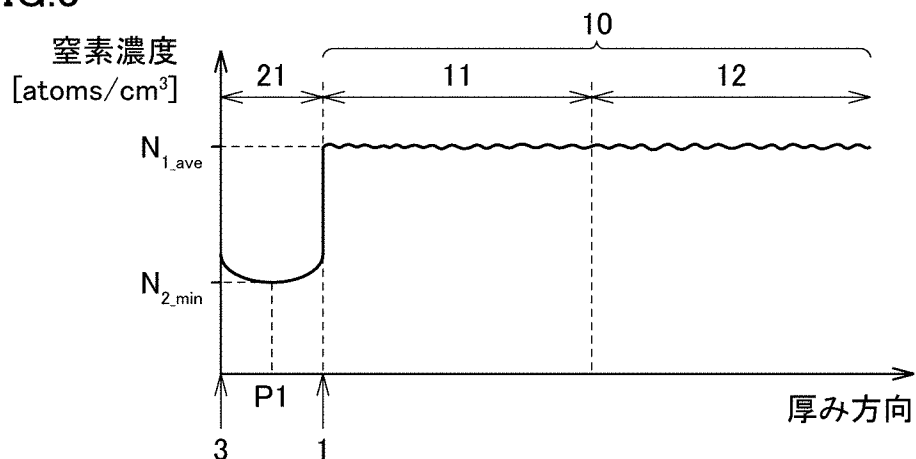
[図2]

FIG.2



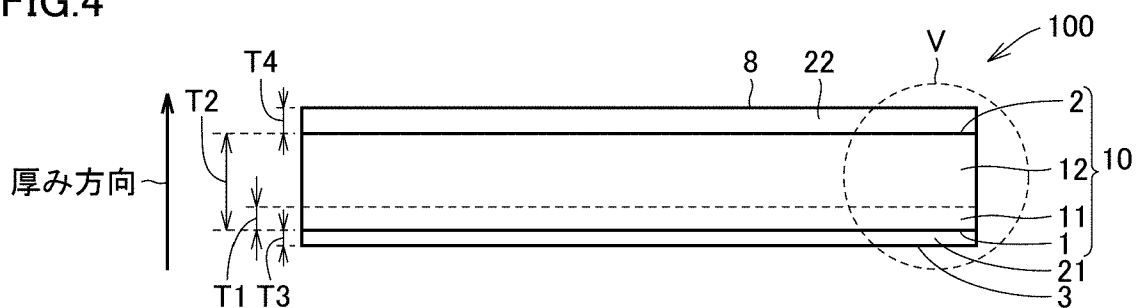
[図3]

FIG.3



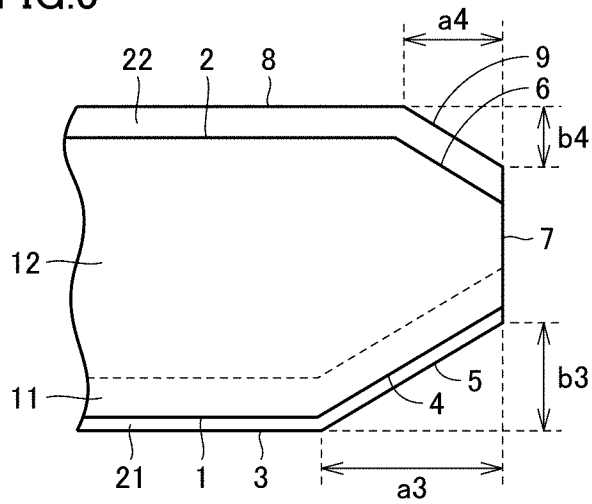
[図4]

FIG.4



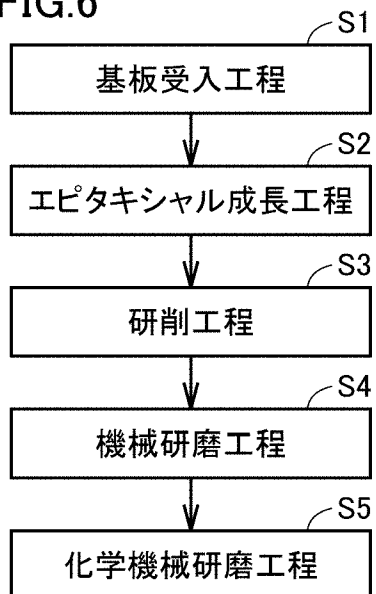
[図5]

FIG.5



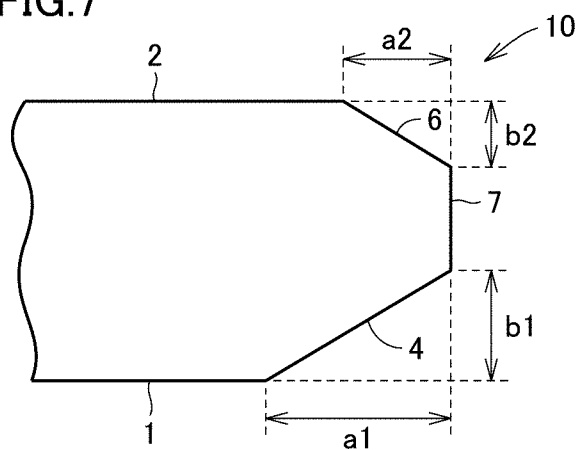
[図6]

FIG.6



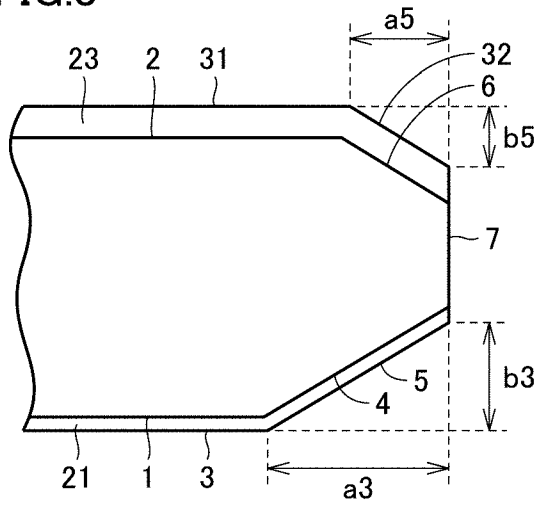
[図7]

FIG.7



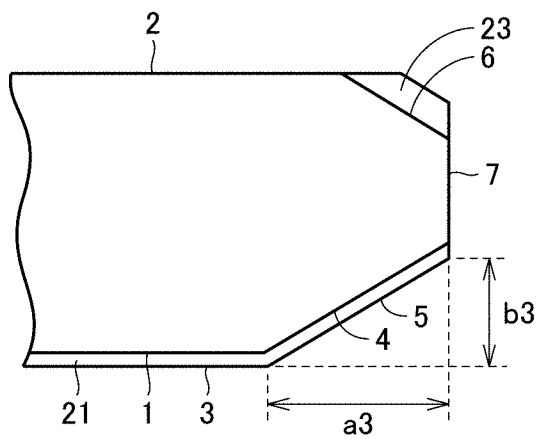
[図8]

FIG.8



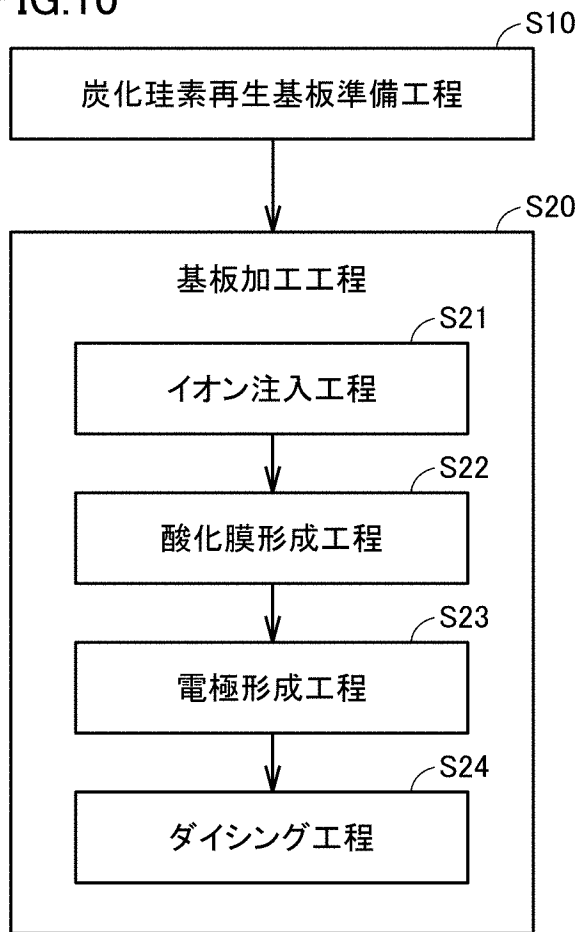
[図9]

FIG.9



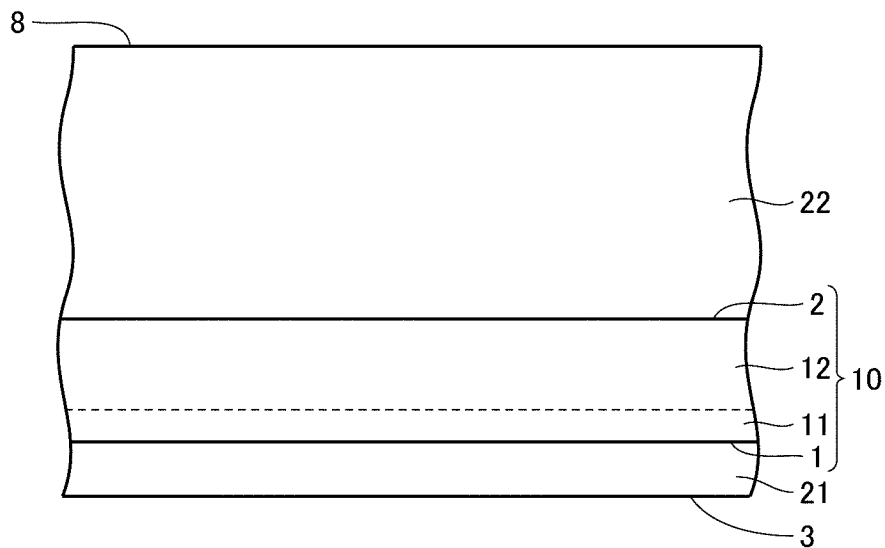
[図10]

FIG.10



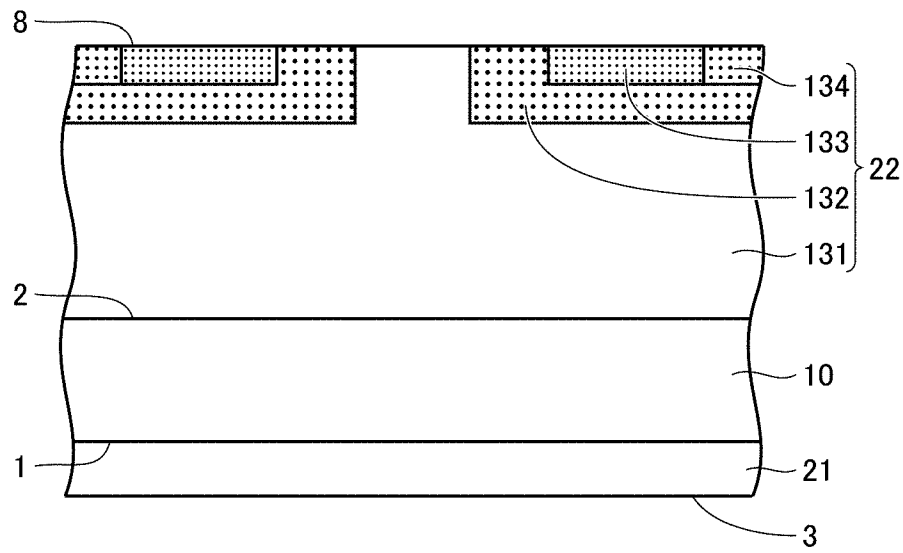
[図11]

FIG.11



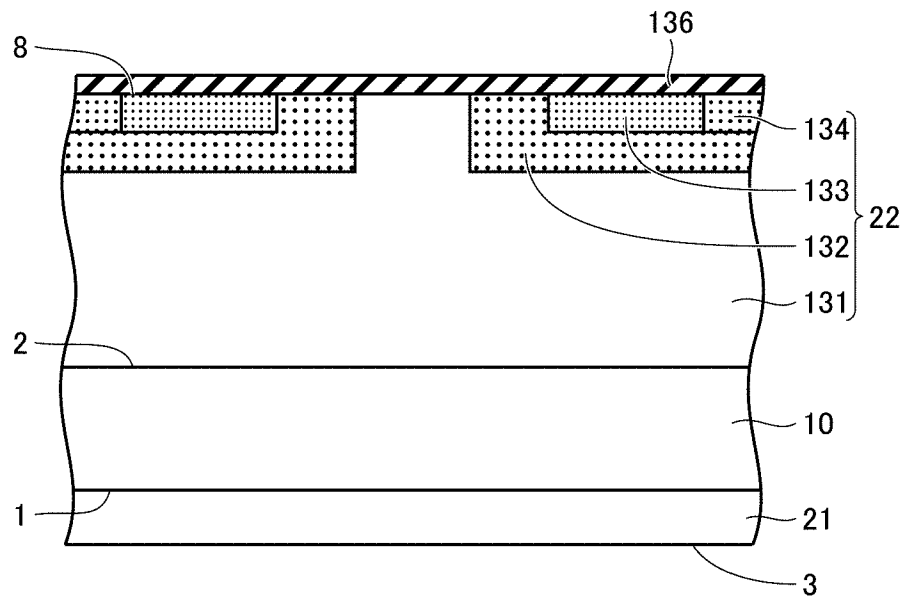
[図12]

FIG.12



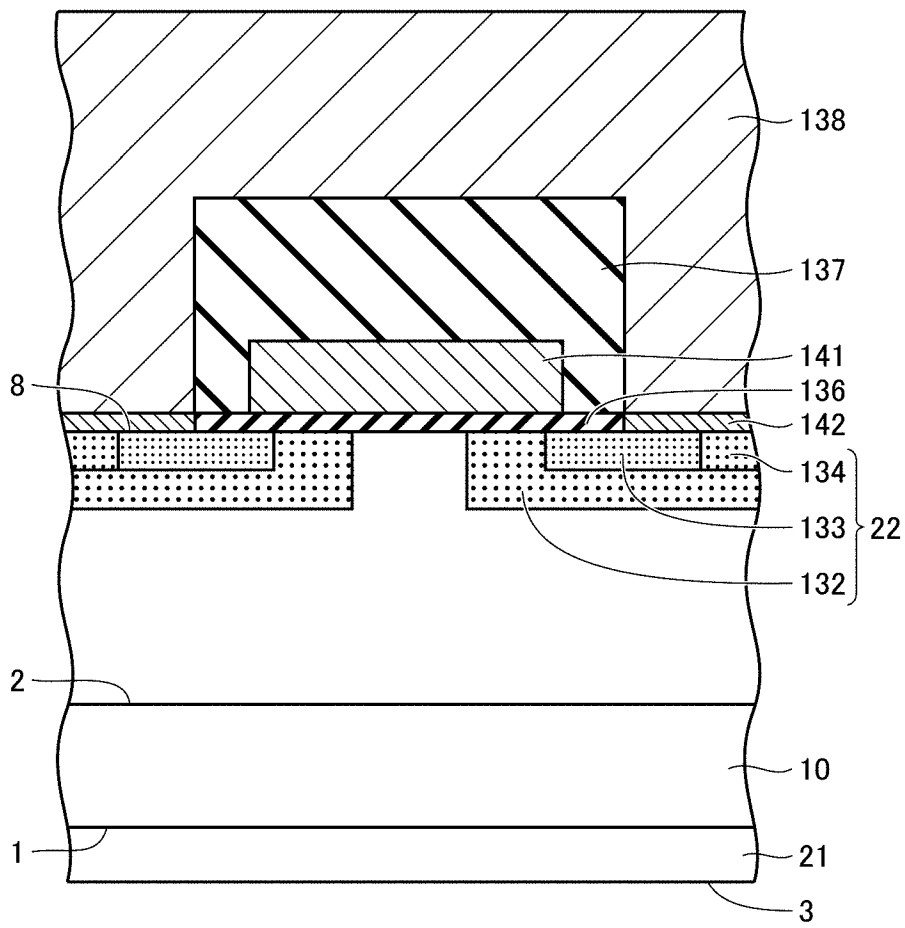
[図13]

FIG.13



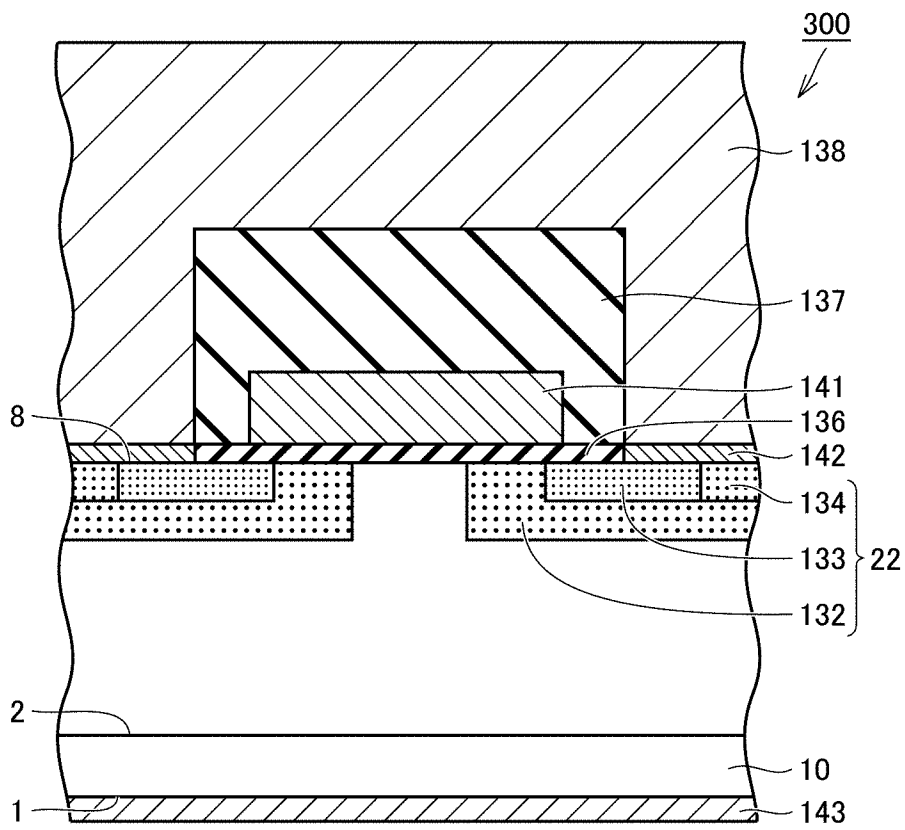
[図14]

FIG.14



[図15]

FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/037837

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C30B29/36(2006.01)i, C30B25/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/12(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. C30B29/36, C30B25/20, H01L21/205, 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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-311542 A (FUJI ELECTRIC DEVICE TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 December 2008, paragraphs [0067]-[0071], [0101], [0105]-[0109], fig. 2, 12 (Family: none)	1-6
Y	WO 2018/096684 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 31 May 2018, paragraphs [0017]-[0022], fig. 3 & CN 109996908 A	1-6
A	WO 2015/170500 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 12 November 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28.10.2019

Date of mailing of the international search report
12.11.2019

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/037837

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-22853 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 08 February 2018, entire text, all drawings & US 2018/0040480 A1, entire text, all drawings	1-6
A	JP 2015-18960 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 29 January 2015, entire text, all drawings & US 2015/0017790 A1, entire text, all drawings & KR 10-2015-0007952 A & TW 201507193 A	1-6
A	WO 2009/151077 A1 (SUMCO CORP.) 17 December 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

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, C30B25/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/12(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C30B29/36, C30B25/20, H01L21/205, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y	JP 2008-311542 A (富士電機デバイステクノロジー株式会社) 2008.12.25, 段落 [0067] - [0071]、[0101]、[0105] - [0109]、図2、12 (ファミリーなし)	1-6
Y	WO 2018/096684 A1 (三菱電機株式会社) 2018.05.31, 段落 [0017] - [0022]、図3 & CN 109996908 A	1-6
A	WO 2015/170500 A1 (三菱電機株式会社) 2015.11.12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6

☑ 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

28.10.2019

国際調査報告の発送日

12.11.2019

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)

山本 一郎

4G

8395

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2018-22853 A (富士電機株式会社) 2018.02.08, 全文、全図 & US 2018/0040480 A1, 全文、全図	1-6
A	JP 2015-18960 A (三菱電機株式会社) 2015.01.29, 全文、全図 & US 2015/0017790 A1, 全文、全図 & KR 10-2015-0007952 A & TW 201507193 A	1-6
A	WO 2009/151077 A1 (株式会社SUMCO) 2009.12.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6