

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/019062 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01) *C30B 25/20* (2006.01)
C23C 16/42 (2006.01) *H01L 21/28* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/024523
- (22) 国際出願日: 2021年6月29日(29.06.2021)
- (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 2020-125075 2020年7月22日(22.07.2020) 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: 宮瀬 貴也 (MIYASE, Takaya);
〒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).
西口 太郎(NISHIGUCHI, Taro); 〒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).

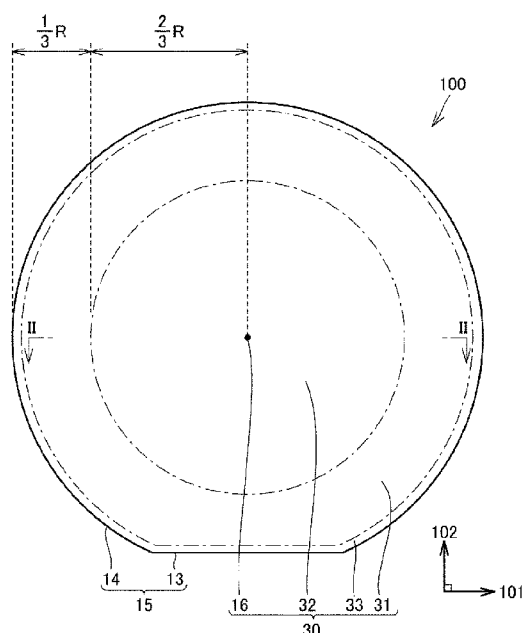
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI
PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大
阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェス
ティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, IT, JO, JP, 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,
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.

(54) Title: SILICON CARBIDE EPITAXIAL SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 炭化珪素エピタキシャル基板

FIG.1



(57) Abstract: This silicon carbide epitaxial substrate includes: first protrusions at a surface density of X_a in a central region; second protrusions at a surface density of X_b in the central region; third protrusions at a surface density of X_c in the central region; fourth protrusions at a surface density of Y_a in an outer circumferential region; fifth protrusions at a surface density of Y_b in the outer circumferential region; and sixth protrusions at a surface density of Y_c in the outer circumferential region. When viewed in the thickness direction of the silicon carbide epitaxial substrate, the area of the first protrusions and the area of the fourth protrusions are each not less than $100 \mu\text{m}^2$ but less than $1000 \mu\text{m}^2$, the area of the second protrusions and the area of the fifth protrusions are each not less than $1000 \mu\text{m}^2$ but less than $5000 \mu\text{m}^2$, and the area of the third protrusions and the area of the sixth protrusions are each not less than $5000 \mu\text{m}^2$. The diameter of the rear surface of the substrate is not less than 100 mm, a value obtained by dividing X_a by $(X_a + Y_a)$ is 0.3-0.5, X_c is not more than 10.0 protrusions/ cm^2 , and Y_c is not more than 12.0 protrusions/ cm^2 .

(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))

(57) 要約: 中央領域にある第1突起部の面密度を X_a とし、中央領域にある第2突起部の面密度を X_b とし、中央領域にある第3突起部の面密度を X_c とし、外周領域にある第4突起部の面密度を Y_a とし、外周領域にある第5突起部の面密度を Y_b とし、外周領域にある第6突起部の面密度を Y_c とした場合、炭化珪素基板の厚み方向に見て、第1突起部および第4突起部の各々の面積は $100\mu\text{m}^2$ 以上 $1000\mu\text{m}^2$ 未満であり、第2突起部および第5突起部の各々の面積は $1000\mu\text{m}^2$ 以上 $5000\mu\text{m}^2$ 未満であり、かつ第3突起部および第6突起部の各々の面積は $5000\mu\text{m}^2$ 以上である。裏面の直径は 100mm 以上であり、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2 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

技術分野

[0001] 本開示は、炭化珪素エピタキシャル基板に関する。本出願は、2020年7月22日に出願した日本特許出願である特願2020-125075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2019-46855号公報（特許文献1）には、CVD（Chemical Vapor Deposition）を用いて、炭化珪素エピタキシャル膜を形成する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-46855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、裏面とを備えている。炭化珪素エピタキシャル層は、炭化珪素基板上にある。裏面は、炭化珪素基板に対して炭化珪素エピタキシャル層の反対にある。裏面は、裏面の半径の $2/3$ を半径としかつ裏面の中心を中心とする円に取り囲まれた中央領域と、中央領域を取り囲む外周領域とを含む。中央領域にある第1突起部の面密度を X_a とし、中央領域にある第2突起部の面密度を X_b とし、中央領域にある第3突起部の面密度を X_c とし、外周領域にある第4突起部の面密度を Y_a とし、外周領域にある第5突起部の面密度を Y_b とし、外周領域にある第6突起部の面密度を Y_c とした場合、炭化珪素基板の厚み方向に見て、第1突起部および第4突起部の各々の面積は $100\mu\text{m}^2$ 以上 $1000\mu\text{m}^2$ 未満であり、第2突起部および第5突起部の各々の面積は $1000\mu\text{m}^2$ 以上 $5000\mu\text{m}^2$ 未満であり、かつ第3

突起部および第6突起部の各々の面積は $5000\mu\text{m}^2$ 以上である。裏面の直径は 100mm 以上であり、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2 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エピタキシャル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2の領域IIIの拡大模式図である。

[図4]図4は、図2の領域IVの拡大模式図である。

[図5]図5は、図2の領域IVの平面模式図である。

[図6]図6は、図2の領域Vの拡大模式図である。

[図7]図7は、図2の領域VIの拡大模式図である。

[図8]図8は、図2の領域VIIの拡大模式図である。

[図9]図9は、図2の領域IXの拡大模式図である。

[図10]図10は、図2の領域Xの拡大模式図である。

[図11]図11は、図2の領域Xの平面模式図である。

[図12]図12は、図2の領域XIの拡大模式図である。

[図13]図13は、図2の領域XIIIの拡大模式図である。

[図14]図14は、図2の領域XIVの拡大模式図である。

[図15]図15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で使用するサセプタの構成を示す断面模式図である。

[図16]図16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で使用するサセプタの構成を示す平面模式図である。

[図17]図17は、炭化珪素基板がサセプタに載置された状態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、吸着不良を抑制可能な炭化珪素エピタキシャル基板を提供することである。

[本開示の効果]

本開示によれば、吸着不良を抑制可能な炭化珪素エピタキシャル基板を提供することができる。

[0007] [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。

- [0008] (1) 本開示に係る炭化珪素エピタキシャル基板 100 は、炭化珪素基板 10 と、炭化珪素エピタキシャル層 20 と、裏面 30 とを備えている。炭化珪素エピタキシャル層 20 は、炭化珪素基板 10 上にある。裏面 30 は、炭化珪素基板 10 に対して炭化珪素エピタキシャル層 20 の反対にある。裏面 30 は、裏面 30 の半径の $2/3$ を半径としかつ裏面 30 の中心 16 を中心とする円に取り囲まれた中央領域 32 と、中央領域 32 を取り囲む外周領域 31 とを含む。中央領域 32 にある第 1 突起部 1 の面密度を X_a とし、中央領域 32 にある第 2 突起部 2 の面密度を X_b とし、中央領域 32 にある第 3 突起部 3 の面密度を X_c とし、外周領域 31 にある第 4 突起部 4 の面密度を Y_a とし、外周領域 31 にある第 5 突起部 5 の面密度を Y_b とし、外周領域 31 にある第 6 突起部 6 の面密度を Y_c とした場合、炭化珪素基板 10 の厚み方向に見て、第 1 突起部 1 および第 4 突起部 4 の各々の面積は $100\ \mu\text{m}^2$ 以上 $1000\ \mu\text{m}^2$ 未満であり、第 2 突起部 2 および第 5 突起部 5 の各々の面積は $1000\ \mu\text{m}^2$ 以上 $5000\ \mu\text{m}^2$ 未満であり、かつ第 3 突起部 3 および第 6 突起部 6 の各々の面積は $5000\ \mu\text{m}^2$ 以上である。裏面 30 の直径は $100\ \text{mm}$ 以上であり、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2

m²以下である。

- [0009] なお、第1突起部1が複数でありかつ第4突起部4が複数である場合、第1突起部1および第4突起部4の各々の面積が100μm²以上1000μm²未満であるとは、複数の第1突起部1の各々の面積が100μm²以上1000μm²未満であり、かつ複数の第4突起部4の各々の面積が100μm²以上1000μm²未満であることを意味する。同様に、第2突起部2が複数でありかつ第5突起部5が複数である場合、第2突起部2および第5突起部5の各々の面積は1000μm²以上5000μm²未満であるとは、複数の第2突起部2の各々の面積が1000μm²以上5000μm²未満であり、かつ複数の第5突起部5の各々の面積が1000μm²以上5000μm²未満であることを意味する。同様に、第3突起部3が複数でありかつ第6突起部6が複数である場合、第3突起部3および第6突起部6の各々の面積は5000μm²以上であるとは、複数の第3突起部3の各々の面積が5000μm²以上であり、かつ複数の第6突起部6の各々の面積が5000μm²以上であることを意味する。
- [0010] (2) 上記(1)に係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、Ybは30.0個/cm²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100によれば、Xcは3.0個/cm²以下であってもよい。
- [0012] (4) 上記(1)から(3)のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、Xbは20.0個/cm²以下であってもよい。
- [0013] (5) 上記(1)から(4)のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、Ycは4.0個/cm²以下であってもよい。
- [0014] (6) 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100によれば、第3突起部3および第6突起部6は、多結晶炭化珪素を含んでいてもよい。
- [0015] (7) 上記(1)から(6)のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、第2突起部2および第5突起部5は、多結晶炭化珪素を

含んでいてもよい。

[0016] (8) 上記(1)から(7)のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、第1突起部1および第4突起部4は、多結晶炭化珪素を含んでいてもよい。

[0017] (9) 上記(1)から(8)のいずれかに係る炭化珪素エピタキシャル基板100によれば、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は0.4以下であってもよい。

[0018] [本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の実施形態の詳細について説明する。以下の説明では、同一または対応する要素には同一の符号を付し、それらについて同じ説明は繰り返さない。

[0019] (炭化珪素エピタキシャル基板)

図1は、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の構成を示す平面模式図である。図2は、図1のI-I'線に沿った断面模式図である。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、炭化珪素基板10と、第1炭化珪素エピタキシャル層20と、第2炭化珪素エピタキシャル層40と、外周縁15とを有している。炭化珪素基板10は、第1主面17と、第2主面18とを有している。第2主面18は、第1主面17の反対側にある。

[0020] 第1炭化珪素エピタキシャル層20は、炭化珪素基板10上にある。第1炭化珪素エピタキシャル層20は、第1主面17において、炭化珪素基板10に接している。第1主面17は、炭化珪素基板10と、第1炭化珪素エピタキシャル層20との境界面である。第1炭化珪素エピタキシャル層20は、炭化珪素エピタキシャル基板100の表面(第3主面21)を構成する。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(図示せず)を製造する場合、第3主面21上にドリフト領域(図示せず)、ベース領域(図示せず)、ソース領域(図示せず)、ゲート電極(図示せず)またはゲート絶縁膜(図示せず)などが形成される。

[0021] 図2に示されるように、第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接している。炭化珪素エピタキシャル基板100は、裏面30を有している。裏面30は、炭化珪素基板10に対して炭化珪素エピタキシャル層20の反対にある。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、炭化珪素エピタキシャル基板100の裏面30の一部を構成する。炭化珪素基板10は、第1炭化珪素エピタキシャル層20と、第2炭化珪素エピタキシャル層40との間にある。

[0022] 図1に示されるように、裏面30は、中央領域32と、外周領域31と、エッジ領域33とを含んでいる。中央領域32は、裏面30の半径Rの $2/3$ を半径としかつ裏面30の中心16を中心とする円に取り囲まれた領域である。外周領域31は、中央領域32を取り囲んでいる。第1主面17に対して垂直な方向に見て（言い換えれば、炭化珪素基板10の厚み方向に見て）、外周領域31は、リング状の領域である。図1に示されるように、中央領域32の外周（外周領域31と中央領域32との境界）の半径は、裏面30の半径Rの $2/3$ である。エッジ領域33は、外周縁15から裏面30の中心16に向かって3mm以内の領域である。外周領域31は、中央領域32とエッジ領域33とに挟まれた領域である。

[0023] 外周縁15は、たとえばオリエンテーションフラット13と、円弧状部14とを有している。オリエンテーションフラット13は、第1方向101に沿って延在している。図1に示されるように、オリエンテーションフラット13は、第1主面17に対して垂直な方向に見て、直線状である。円弧状部14は、オリエンテーションフラット13に連なっている。円弧状部14は、第1主面17に対して垂直な方向に見て、円弧状である。裏面30の中心16は、第1主面17に対して垂直な方向に見て、円弧状部14を含む円の中心に位置している。

[0024] 図1に示されるように、第1主面17に対して垂直な方向に見て、裏面30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主面17に対して垂直な方向に見て、第1方向101は、第2方向10

2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17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17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17は、 $\{0001\}$ 面であってもよいし、 $\{0001\}$ 面に対して傾斜した面であってもよい。第1主面17は、 $\{0001\}$ 面に対して傾斜している場合、 $\{0001\}$ 面に対する傾斜角（オフ角）は、たとえば 2° 以上 6° 以下である。第1主面17が $\{0001\}$ 面に対して傾斜している場合、第1主面17の傾斜方向（オフ方向）は、たとえば $\langle 11-20 \rangle$ 方向である。

[0028] 裏面30の直径（最大径）は、100mm（4インチ）以上である。裏面30の直径は、125mm（5インチ）以上でもあってもよいし、150mm（6インチ）以上でもよい。裏面30の直径の上限は、特に限定されないが、たとえば200mm（8インチ）以下であってもよい。なお裏面30の直径（最大径）は、外周縁15上の異なる2点間の最長直線距離である。裏面30の直径は、オリエンテーションフラット13を除いた外周縁15（つまり円弧状部14）の直径であってもよい。

[0029] なお本明細書において、4インチは、100mm又は101.6mm（4インチ $\times$ 25.4mm/インチ）のことである。5インチは、125mm又は127.0mm（5インチ $\times$ 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 $\times$ 25.4mm/インチ）のことである。

）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。

[0030] 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４Ｈである。同様に、第１炭化珪素エピタキシャル層２０を構成する炭化珪素のポリタイプは、たとえば４Ｈである。同様に、第２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。炭化珪素基板１０の厚みは、たとえば３５０μm以上５００μm以下である。第１炭化珪素エピタキシャル層２０の厚みは、炭化珪素基板１０の厚みよりも小さくてもよい。第２炭化珪素エピタキシャル層４０の厚みは、炭化珪素基板１０の厚みよりも小さくてもよい。

[0031] 炭化珪素基板１０は、たとえば窒素（N）などのn型不純物を含んでいる。炭化珪素基板１０の導電型は、たとえばn型である。第１炭化珪素エピタキシャル層２０は、たとえば窒素などのn型不純物を含んでいる。第１炭化珪素エピタキシャル層２０の導電型は、たとえばn型である。第１炭化珪素エピタキシャル層２０が含むn型不純物の濃度は、炭化珪素基板１０が含むn型不純物の濃度より低くてもよい。第２炭化珪素エピタキシャル層４０は、たとえば窒素などのn型不純物を含んでいる。第２炭化珪素エピタキシャル層４０の導電型は、たとえばn型である。第２炭化珪素エピタキシャル層４０が含むn型不純物の濃度は、炭化珪素基板１０が含むn型不純物の濃度より低くてもよい。

[0032] 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、たとえば、第１突起部１と、第２突起部２と、第３突起部３と、第４突起部４と、第５突起部５と、第６突起部６とを有している。第１突起部１は、中央領域３２にある。第２突起部２は、中央領域３２にある。第３突起部３は、中央領域３２にある。第４突起部４は、外周領域３１にある。第５突起部５は、外周領域３１にある。第６突起部６は、外周領域３１にある。

[0033] 図３は、図２の領域１１１の拡大模式図である。図３に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板１００は、第１粒子７を有している。第１粒子

7は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第1粒子7を覆っていてもよい。第1粒子7は、炭化珪素基板10と、第2炭化珪素エピタキシャル層40とに挟まれていてもよい。第1粒子7は、たとえばダウンフォールである。第1粒子7は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第1粒子7は、炭素を含んでいてもよい。第1粒子7の高さ（第1高さH1）は、たとえば1 μm 以上40 μm 未満である。

[0034] 図3に示されるように、第1突起部1は、第2炭化珪素エピタキシャル層40により構成されていてもよい。第1突起部1は、第1粒子7に対面する第2炭化珪素エピタキシャル層40の表面に形成されていてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第1突起部1の面積は100 μm^2 以上1000 μm^2 未満である。第1突起部1が複数ある場合には、第1突起部1の面積とは、複数の第1突起部1の各々の面積である。第1突起部1の最大幅（第1最大幅W1）は、たとえば11 μm 以上36 μm 未満である。第1突起部1は、中央領域32の一部を構成する。なお、突起部の最大幅とは、第2主面18に対して垂直な方向に突起部を見た場合において、突起部の外周上の異なる2点間の最長直線距離である。

[0035] 図4は、図2の領域IVの拡大模式図である。図4に示されるように、第1突起部1は、第1粒子7と、第1欠陥71とを有していてもよい。第1欠陥71は、第1粒子7を起点として、エピタキシャル成長に従ってステップフロー方向に成長した欠陥である。第1欠陥71は、第1粒子7に連なっている。第1欠陥71は、たとえば積層欠陥である。第1欠陥71は、三角欠陥であってもよい。第1欠陥71は、第2炭化珪素エピタキシャル層40の表面に露出していてもよい。

[0036] 図5は、図2の領域IVの平面模式図である。図5に示されるように、炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第1欠陥71の形状は、たとえば三角形である。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、三角形の頂点の一つは、第1粒子7と重なっている。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第1粒子7か

ら離れるにつれて、三角形の2辺の間隔は大きくなっていてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第1突起部1の面積は、円状の第1粒子7の面積と三角形状の第1欠陥71の面積の合計から、第1粒子7と第1欠陥71との重なり部分の面積を差し引いた値となる。

[0037] 図6は、図2の領域V1の拡大模式図である。図6に示されるように、第1突起部1は、たとえばダウンフォールであってもよい。第1突起部1は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第1突起部1は、炭素を含んでいてもよい。第1突起部1は、第1粒子7により構成されていてもよい。第1突起部1は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第1突起部1の側面の一部を取り囲んでいてもよい。

[0038] 図7は、図2の領域V11の拡大模式図である。図7に示されるように、第2突起部2は、たとえばダウンフォールである。第2突起部2は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第2突起部2は、炭素を含んでいてもよい。第2突起部2は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第2突起部2の側面の一部を取り囲んでいてもよい。第2突起部2の高さ（第2高さH2）は、たとえば $20\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 未満である。第2高さH2は、第1高さH1よりも大きくてもよい。

[0039] 図7に示されるように、第2突起部2は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から露出している。第2突起部2の側面は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から離間していてもよいし、第2炭化珪素エピタキシャル層40に接していてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第2突起部2の面積は $1000\mu\text{m}^2$ 以上 $5000\mu\text{m}^2$ 未満である。第2突起部2が複数ある場合には、第2突起部2の面積とは、複数の第2突起部2の各々の面積である。第2突起部2の最大幅（第2最大幅W2）は、たとえば $36\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 未満である第2突起部2は、中央領域32の一部を構成する。第2最大幅W2は、第1最大幅W1よりも大きくてもよい。

[0040] 図8は、図2の領域V I I Iの拡大模式図である。図8に示されるように、第3突起部3は、たとえばダウンフォールである。第3突起部3は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第3突起部3は、炭素を含んでいてもよい。第3突起部3は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第3突起部3の側面の一部を取り囲んでいてもよい。第3突起部3の高さ（第3高さH3）は、たとえば60 μm 以上である。第3高さH3は、第2高さH2よりも大きくてもよい。

[0041] 図8に示されるように、第3突起部3は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から露出している。第3突起部3の側面は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から離間していてもよいし、第2炭化珪素エピタキシャル層40に接していてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第3突起部3の面積は5000 μm^2 以上である。第3突起部3が複数ある場合には、第3突起部3の面積とは、複数の第3突起部3の各々の面積である。第3突起部3の最大幅（第3最大幅W3）は、たとえば80 μm 以上である。第3突起部3は、中央領域32の一部を構成する。第3最大幅W3は、第2最大幅W2よりも大きくてもよい。

[0042] 図9は、図2の領域I Xの拡大模式図である。図9に示されるように、炭化珪素エピタキシャル基板100は、第2粒子8を有している。第2粒子8は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第2粒子8を覆っている。第2粒子8は、炭化珪素基板10と、第2炭化珪素エピタキシャル層40とに挟まれている。第2粒子8は、たとえばダウンフォールである。第2粒子8は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第2粒子8は、炭素を含んでいてもよい。第2粒子8の高さ（第4高さH4）は、たとえば1 μm 以上40 μm 未満である。

[0043] 図9に示されるように、第4突起部4は、第2炭化珪素エピタキシャル層40により構成されていてもよい。第4突起部4は、第2粒子8に対面する

第2炭化珪素エピタキシャル層40の表面に形成されていてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第4突起部4の面積は $100\mu\text{m}^2$ 以上 $1000\mu\text{m}^2$ 未満である。第4突起部4が複数ある場合には、第4突起部4の面積とは、複数の第4突起部4の各々の面積である。第4突起部4の最大幅（第4最大幅 W_4 ）は、たとえば $11\mu\text{m}$ 以上 $36\mu\text{m}$ 未満である。第4突起部4は、外周領域31の一部を構成する。

[0044] 図10は、図2の領域Xの拡大模式図である。図10に示されるように、第4突起部4は、第2粒子8と、第2欠陥72とを有していてもよい。第2欠陥72は、第2粒子8を起点として、エピタキシャル成長に従ってステップフロー方向に成長した欠陥である。第2欠陥72は、第2粒子8に連なっている。第2欠陥72は、たとえば積層欠陥である。第2欠陥72は、三角欠陥であってもよい。第2欠陥72は、第2炭化珪素エピタキシャル層40の表面に露出してもよい。

[0045] 図11は、図2の領域Xの平面模式図である。図11に示されるように、炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第2欠陥72の形状は、たとえば三角形である。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、三角形の頂点の一つは、第2粒子8と重なっている。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第2粒子8から離れるにつれて、三角形の2辺の間隔は大きくなっていてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第4突起部4の面積は、円状の第2粒子8の面積と三角形の第2欠陥72の面積の合計から、第2粒子8と第2欠陥72との重なり部分の面積を差し引いた値となる。

[0046] 図12は、図2の領域X11の拡大模式図である。図12に示されるように、第4突起部4は、たとえばダウンフォールであってもよい。第4突起部4は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第4突起部4は、炭素を含んでいてもよい。第4突起部4は、第2粒子8により構成されていてもよい。第4突起部4は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第4突起部4の側面の一部を取り囲んでいてもよい。

[0047] 図13は、図2の領域XIIIの拡大模式図である。図13に示されるように、第5突起部5は、たとえばダウンフォールである。第5突起部5は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第5突起部5は、炭素を含んでいてもよい。第5突起部5は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第5突起部5の側面の一部を取り囲んでいてもよい。第5突起部5の高さ（第5高さH5）は、たとえば $20\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 未満である。第5高さH5は、第4高さH4よりも大きくてもよい。

[0048] 図13に示されるように、第5突起部5は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から露出している。第5突起部5の側面は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から離間していてもよいし、第2炭化珪素エピタキシャル層40に接していてもよい。炭化珪素基板10の厚み方向に見て、第5突起部5の面積は $1000\mu\text{m}^2$ 以上 $5000\mu\text{m}^2$ 未満である。第5突起部5が複数ある場合には、第5突起部5の面積とは、複数の第5突起部5の各々の面積である。第5突起部5の最大幅（第5最大幅W5）は、たとえば $36\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 未満である。第5突起部5は、外周領域31の一部を構成する。第5最大幅W5は、第4最大幅W4よりも大きくてもよい。

[0049] 図14は、図2の領域XIVの拡大模式図である。図14に示されるように、第6突起部6は、たとえばダウンフォールである。第6突起部6は、炭化珪素多結晶を含んでいてもよい。第6突起部6は、炭素を含んでいてもよい。第6突起部6は、第2主面18において、炭化珪素基板10に接していてもよい。第2炭化珪素エピタキシャル層40は、第6突起部6の側面の一部を取り囲んでいてもよい。第6突起部6の高さ（第6高さH6）は、たとえば $60\mu\text{m}$ 以上である。第6高さH6は、第5高さH5よりも大きくてもよい。

[0050] 図14に示されるように、第6突起部6は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から露出している。第6突起部6の側面は、第2炭化珪素エピタキシャル層40から離間していてもよいし、第2炭化珪素エピタキシャル層40

に接していてもよい。炭化珪素基板 10 の厚み方向に見て、第 6 突起部 6 の面積は $5000\mu\text{m}^2$ 以上である。第 6 突起部 6 が複数ある場合には、第 6 突起部 6 の面積とは、複数の第 6 突起部 6 の各々の面積である。第 6 突起部 6 の最大幅（第 6 最大幅 W_6 ）は、たとえば $80\mu\text{m}$ 以上である。第 6 突起部 6 は、外周領域 31 の一部を構成する。第 6 最大幅 W_6 は、第 5 最大幅 W_5 よりも大きくてもよい。

[0051] 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、中央領域 32 にある第 1 突起部 1 の面密度を X_a とし、中央領域 32 にある第 2 突起部 2 の面密度を X_b とし、中央領域 32 にある第 3 突起部 3 の面密度を X_c とし、外周領域 31 にある第 4 突起部 4 の面密度を Y_a とし、外周領域 31 にある第 5 突起部 5 の面密度を Y_b とし、外周領域 31 にある第 6 突起部 6 の面密度を Y_c とした場合、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2 以下である。

[0052] 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、 Y_b は、たとえば 30.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 Y_b は、たとえば 20.0 個/ cm^2 以下であってもよいし、 10.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 Y_b の下限は、特に限定されないが、たとえば 0.1 個/ cm^2 以上であってもよいし、 0.5 個/ cm^2 以上であってもよい。

[0053] 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、 X_c は、たとえば 3.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 X_c は、たとえば 2.0 個/ cm^2 以下であってもよい、 1.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 X_c の下限は、特に限定されないが、たとえば 0.01 個/ cm^2 以上であってもよいし、 0.05 個/ cm^2 以上であってもよい。

[0054] 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、 X_b は、たとえば 20.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 X_b は、たとえば 16.0 個/ cm^2 以下であってもよいし、 8.0 個/ cm^2 以下であってもよい。 X_b の下限は、特に限定されないが、たとえば 0.1 個/ cm^2 以上であってもよい。

いし、0.5個/cm²以上であってもよい。

[0055] 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、Ycは4.0個/cm²以下であってもよい。Ycは、たとえば3.0個/cm²以下であってもよい、2.0個/cm²以下であってもよい。Ycの下限は、特に限定されないが、たとえば0.01個/cm²以上であってもよいし、0.05個/cm²以上であってもよい。

[0056] 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、Xaは、たとえば800.0個/cm²以下であってもよいし、400.0個/cm²以下であってもよい。Xaの下限は、特に限定されないが、たとえば0.1個/cm²以上であってもよいし、1個/cm²以上であってもよい。

[0057] 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、Yaは、たとえば600.0個/cm²以下であってもよいし、400.0個/cm²以下であってもよい。Yaの下限は、特に限定されないが、たとえば0.1個/cm²以上であってもよいし、1個/cm²以上であってもよい。

[0058] 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、Xaを(Xa+Ya)で除した値は0.45以下であってもよいし、0.4以下であってもよい。

[0059] (突起部の測定方法)

次に、突起部の測定方法について説明する。突起部は、たとえば共焦点微分干渉顕微鏡を備える欠陥検査装置を用いて、炭化珪素エピタキシャル基板100の裏面30を観察することにより特定することができる。共焦点微分干渉顕微鏡を備える欠陥検査装置としては、たとえばレーザーテック株式会社製のWASAVIシリーズ「SICA 6X」を用いることができる。対物レンズの倍率はたとえば10倍である。

[0060] 突起部は、SICAによって欠陥として検出される。検出された欠陥の面積が突起部の面積である。突起部と連結した三角欠陥等を伴う場合は、当該三角欠陥の面積も含む。なお、SICAにより検出された欠陥から突起部を特定する際、予め、突起部の検出が可能なようにSICAの測定感度が調整

される。突起部の典型的な平面形状、寸法などを考慮して突起部が定義される。観察された画像に基づいて、突起部が特定される。SICAの測定感度の指標である「Thresh S」は、たとえば40とされる。

[0061] 炭化珪素エピタキシャル基板100の表面と平行な方向に炭化珪素エピタキシャル基板100を移動させながら、裏面30全体の共焦点微分干渉顕微鏡画像が撮影される。取得された共焦点微分干渉顕微鏡画像において、第1突起部1、第2突起部2、第3突起部3、第4突起部4、第5突起部5および第6突起部6が観察される。取得された共焦点微分干渉顕微鏡画像において、第1突起部1、第2突起部2、第3突起部3、第4突起部4、第5突起部5および第6突起部6の各々の数が求められる。第1突起部1、第2突起部2および第3突起部3の数を、中央領域32内の測定面積で除した値が、それぞれ第1突起部1、第2突起部2および第3突起部3の面密度とされる。第4突起部4、第5突起部5および第6突起部6の数を、外周領域31内の測定面積で除した値が、それぞれ第4突起部4、第5突起部5および第6突起部6の面密度とされる。なお、外周縁15から3mm以内のエッジ領域33は、突起部の測定領域から除外される（エッジエクスクルージョン）。

[0062] （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。

[0063] 図15は、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の製造方法で使用されるサセプタの構成を示す断面模式図である。図16は、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の製造方法で使用されるサセプタの構成を示す平面模式図である。サセプタを構成する材料は、たとえば炭化珪素である。

[0064] 図15および図16に示されるように、サセプタ50には、炭化珪素基板収容部60が設けられている。炭化珪素基板収容部60は、側面62と、底面61とにより構成されている。側面62は、サセプタ50の頂面59に連なっている。底面61は、側面62に連なっている。炭化珪素基板収容部6

0の底面61には、同心円状に配置された複数の凹部が形成されている。具体的には、複数の凹部は、第1凹部51と、第2凹部52と、第3凹部53と、第4凹部54と、第5凹部55と、第6凹部56と、第7凹部57とを有している。第1凹部51は、底面61の中心部58を取り囲むように形成されている。第2凹部52は、第1凹部51を囲むように形成されている。第3凹部53は、第2凹部52を囲むように形成されている。第4凹部54は、第3凹部53を囲むように形成されている。第5凹部55は、第4凹部54を囲むように形成されている。第6凹部56は、第5凹部55を囲むように形成されている。第7凹部57は、第6凹部56を囲むように形成されている。

[0065] 図15に示されるように、隣り合う2つの凹部の間は、突出部となっている。突出部の先端の角度 θ は、たとえば 30° 以上 45° 以下である。突出部の高さTは、たとえば $100\mu\text{m}$ 以上である。

[0066] 次に、炭化珪素基板10が準備される。たとえば昇華法により、ポリタイプ4Hの炭化珪素単結晶が製造される。次に、たとえばワイヤーソーによって、炭化珪素単結晶がスライスされる。炭化珪素基板10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10の導電型は、たとえばn型である。次に、炭化珪素基板10に対して機械研磨、化学的機械研磨、洗浄が実施される。以上により、炭化珪素基板10が準備される。

[0067] 次に、炭化珪素基板10がサセプタ50に載置される。図17は、炭化珪素基板10がサセプタ50に載置された状態を示す断面模式図である。まず、炭化珪素基板10が載置されたサセプタ50がCVD炉内に設置される。CVD炉の内壁には、前回までのエピタキシャル成長の際に使用された結晶原料などの堆積物が付着している。堆積物は、たとえば炭化珪素粒子または炭素粒子などである。CVD炉の内壁は、たとえば炭素部材により構成されている。

[0068] CVD炉内の温度の上昇および下降を繰り返すことで、内壁を構成する炭素部材にたわみが発生する。これにより、内壁に付着していた堆積物がサセ

プタ50上に落下する。サセプタ50上に落下した堆積物は、ダウンフォールと呼ばれている。ダウンフォールは、一般的に粒子状である。ダウンフォールは、たとえば多結晶炭化珪素または炭素等である。ダウンフォールの直径は、たとえば0.1 μm 以上1 mm以下の範囲にある。

[0069] ダウンフォールは、たとえばサセプタ50の頂面59に落下する。サセプタ50の頂面59に落下したダウンフォールは、サセプタ50の炭化珪素基板收容部60の底面61に移動する。サセプタ50の底面61にダウンフォールがあると、炭化珪素基板10を炭化珪素基板收容部60の底面61に配置した際、ダウンフォールが炭化珪素基板10の裏面30に付着する。

[0070] 図17に示されるように、炭化珪素基板收容部60の底面61に複数の凹部が設けられている場合、大きい直径のダウンフォール9は、凹部の内部に入る。炭化珪素基板10は、突出部の頂点上に載置されるため、大きい直径のダウンフォール9には接触しない。そのため、炭化珪素基板10の裏面（第2主面18）にダウンフォール9が付着することを抑制することができる。突起部の頂点には小さい直径のダウンフォールが存在していてもよい。小さい直径のダウンフォールは、炭化珪素基板10の裏面（第2主面18）に付着する。炭化珪素基板收容部60の底面61に設けられた凹部の深さ、凹部の位置、突出部の頂点の面積、突出部の位置などを調整することで、炭化珪素基板10の裏面（第2主面18）に付着するダウンフォールのサイズ、面密度などを制御することができる。

[0071] 次に、本実施形態に係る炭化珪素エピタキシャル基板100の作用効果について説明する。

[0072] 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を製造する工程は、通常、露光工程および検査工程を含んでいる。これらの工程の際には、炭化珪素エピタキシャル基板100の裏面30がチャックに吸着される。チャックとしては、真空チャックおよび静電チャックなどが一般的に用いられている。たとえば露光工程において炭化珪素エピタキシャル基板100のチャックに対する吸着不良は、露光不良の原因となる。発明者らは、炭

化珪素エピタキシャル基板 100 のチャックに対する吸着不良の原因について鋭意検討した結果、以下の知見を得た。

[0073] まず発明者は、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の裏面 30 に存在する突起部の大きさと、当該突起部の位置に着目した。具体的には、裏面 30 に対して垂直な方向に見た突起部の面積と、突起部が存在している裏面の領域（中央領域または外周領域）とに着目して突起部を 6 種類（第 1 突起部 1、第 2 突起部 2、第 3 突起部 3、第 4 突起部 4、第 5 突起部 5 および第 6 突起部 6）に分類し、6 種類の突起部の面密度と吸着不良との関係を調査した。その結果、6 種類の突起部の関係を以下のように制御することにより、吸着不良の発生が顕著に抑制されることを見出した。

[0074] 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、中央領域 32 にある第 1 突起部 1 の面密度を X_a とし、中央領域 32 にある第 2 突起部 2 の面密度を X_b とし、中央領域 32 にある第 3 突起部 3 の面密度を X_c とし、外周領域 31 にある第 4 突起部 4 の面密度を Y_a とし、外周領域 31 にある第 5 突起部 5 の面密度を Y_b とし、外周領域 31 にある第 6 突起部 6 の面密度を Y_c とした場合、炭化珪素基板 10 の厚み方向に見て、第 1 突起部 1 および第 4 突起部 4 の各々の面積は $100\ \mu\text{m}^2$ 以上 $1000\ \mu\text{m}^2$ 未満であり、第 2 突起部 2 および第 5 突起部 5 の各々の面積は $1000\ \mu\text{m}^2$ 以上 $5000\ \mu\text{m}^2$ 未満であり、かつ第 3 突起部 3 および第 6 突起部 6 の各々の面積は $5000\ \mu\text{m}^2$ 以上である。裏面 30 の直径は $100\ \text{mm}$ 以上であり、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2 以下である。これにより、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の吸着不良を抑制することができる。

[0075] 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、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.4 以下であってもよい。これにより、炭化珪素エピタキシャル基板 100 の吸着不良をさらに抑制することができる。

実施例

[0076] (サンプル準備)

まず、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値が異なる7枚の炭化珪素エピタキシャル基板100を準備した。サンプル1から5の炭化珪素エピタキシャル基板100は、実施例である。サンプル6および7の炭化珪素エピタキシャル基板100は、比較例である。サンプル1から5の炭化珪素エピタキシャル基板100において、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値を0.3以上0.5以下とした。サンプル6および7の炭化珪素エピタキシャル基板100において、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値を0.5より大きくした。

[0077] (実験方法)

次に、サンプル1から7の炭化珪素エピタキシャル基板100の裏面30を真空チャックに吸着した(吸着工程)。吸着工程において、吸着エラーが発生するかどうかを確認した。次に、吸着エラーが発生しなかったサンプルについては、露光工程が実施された。露光工程において、露光不良が発生するかどうかを確認した。なお、吸着工程において吸着エラーが発生する程ではないものの、吸着が十分良好であるとはいえない場合に、露光不良が発生しているものと考えられる。

[0078] (実験結果)

[0079]

[表1]

	Xa	Xb	Xc	Ya	Yb	Yc	$\frac{Xa}{(Xa+Ya)}$	評価結果
サンプル 1	202.3	7.8	0.8	339.0	8.0	2.2	0.37	A
サンプル 2	43.8	9.2	2.1	51.3	11.5	1.5	0.46	B
サンプル 3	287.6	5.3	0.4	549.5	4.1	1.0	0.34	A
サンプル 4	130.8	7.1	0.6	208.9	3.8	0.4	0.39	A
サンプル 5	9.8	0.5	0.1	16.2	1.9	0.8	0.38	A
サンプル 6	1038.5	28.0	4.1	683.7	38.6	4.7	0.60	C
サンプル 7	1079.8	111.1	8.3	893.4	78.7	10.6	0.55	C

[0080] 表1は、サンプル1から7の炭化珪素基板10の評価結果を示している。吸着工程において吸着エラーが発生せず、かつ露光工程において露光不良が発生しなかった場合、評価結果を「A」とした。吸着エラーが発生しなかったけれども露光工程において露光不良が発生した場合、評価結果を「B」と

した。吸着工程において吸着エラーが発生し、露光工程が実施できなかった場合、評価結果を「C」とした。

[0081] 表1に示されるように、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値が0.3以上0.5以下の場合、評価結果は「A」または「B」であった。 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値が0.3以上0.4以下の場合、評価結果は「A」であった。一方、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値が0.5より大きい場合、評価結果は「C」であった。以上の結果より、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値を0.3以上0.5以下とすることにより、吸着不良の発生を抑制可能であることが確認された。

[0082] 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および実施例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

[0083] 1 第1突起部、2 第2突起部、3 第3突起部、4 第4突起部、5 第5突起部、6 第6突起部、7 第1粒子、8 第2粒子、9 ダウンフォール、10 炭化珪素基板、13 オリエンテーションフラット、14 円弧状部、15 外周縁、16 中心、17 第1主面、18 第2主面、20 第1炭化珪素エピタキシャル層（炭化珪素エピタキシャル層）、21 第3主面、30 裏面、31 外周領域、32 中央領域、33 エッジ領域、40 第2炭化珪素エピタキシャル層、50 サセプタ、51 第1凹部、52 第2凹部、53 第3凹部、54 第4凹部、55 第5凹部、56 第6凹部、57 第7凹部、58 中心部、59 頂面、60 炭化珪素基板収容部、61 底面、62 側面、71 第1欠陥、72 第2欠陥、100 炭化珪素エピタキシャル基板、101 第1方向、102 第2方向、H1 第1高さ、H2 第2高さ、H3 第3高さ、H4 第4高さ、H5 第5高さ、H6 第6高さ、R 半径、T 高さ、W1 第1最大幅、W2 第2最大幅、W3 第3最大幅、W4 第4最大幅、W5

第 5 最大幅、 W_6 第 6 最大幅、 θ 角度。

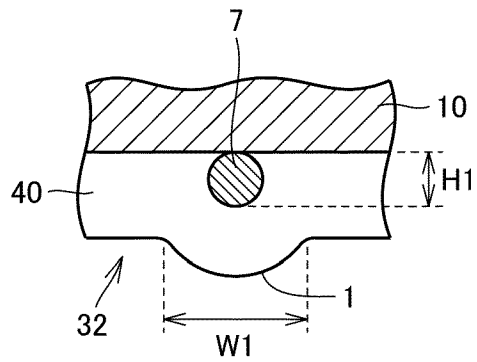
請求の範囲

- [請求項1] 炭化珪素基板と、
前記炭化珪素基板上にある炭化珪素エピタキシャル層と、
前記炭化珪素基板に対して前記炭化珪素エピタキシャル層の反対にある裏面とを備え、
前記裏面は、前記裏面の半径の $2/3$ を半径としかつ前記裏面の中心を中心とする円に取り囲まれた中央領域と、前記中央領域を取り囲む外周領域とを含み、
前記中央領域にある第1突起部の面密度を X_a とし、前記中央領域にある第2突起部の面密度を X_b とし、前記中央領域にある第3突起部の面密度を X_c とし、前記外周領域にある第4突起部の面密度を Y_a とし、前記外周領域にある第5突起部の面密度を Y_b とし、前記外周領域にある第6突起部の面密度を Y_c とした場合、
前記炭化珪素基板の厚み方向に見て、前記第1突起部および前記第4突起部の各々の面積は $100\mu\text{m}^2$ 以上 $1000\mu\text{m}^2$ 未満であり、
前記第2突起部および前記第5突起部の各々の面積は $1000\mu\text{m}^2$ 以上 $5000\mu\text{m}^2$ 未満であり、かつ前記第3突起部および前記第6突起部の各々の面積は $5000\mu\text{m}^2$ 以上であり、
前記裏面の直径は 100mm 以上であり、 X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.3 以上 0.5 以下であり、 X_c は 10.0 個/ cm^2 以下である、かつ Y_c は 12.0 個/ cm^2 以下である、炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項2] Y_b は 30.0 個/ cm^2 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] X_c は 3.0 個/ cm^2 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] X_b は 20.0 個/ cm^2 以下である、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。

- [請求項5] Y_c は 4.0 個/ cm^2 以下である、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項6] 前記第3突起部および前記第6突起部は、多結晶炭化珪素を含む、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。
- [請求項7] 前記第2突起部および前記第5突起部は、多結晶炭化珪素を含む、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項8] 前記第1突起部および前記第4突起部は、多結晶炭化珪素を含む、請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。
- [請求項9] X_a を $(X_a + Y_a)$ で除した値は 0.4 以下である、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の炭化珪素エピタキシャル基板。

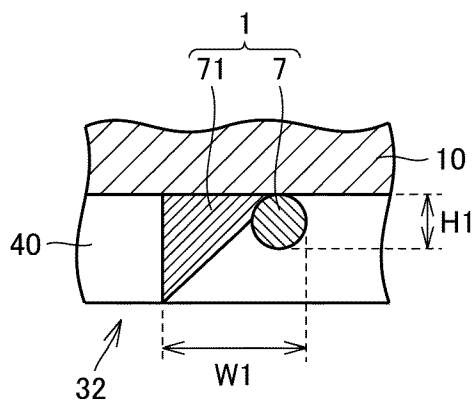
[図3]

FIG.3



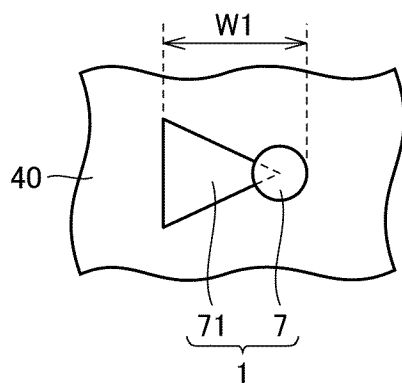
[図4]

FIG.4



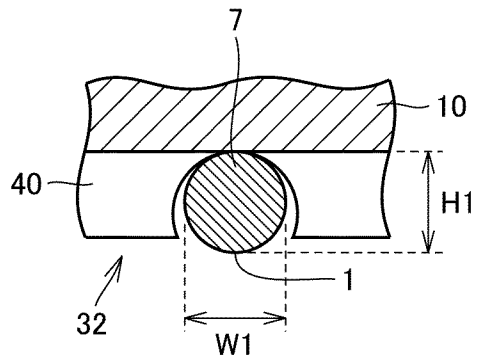
[図5]

FIG.5



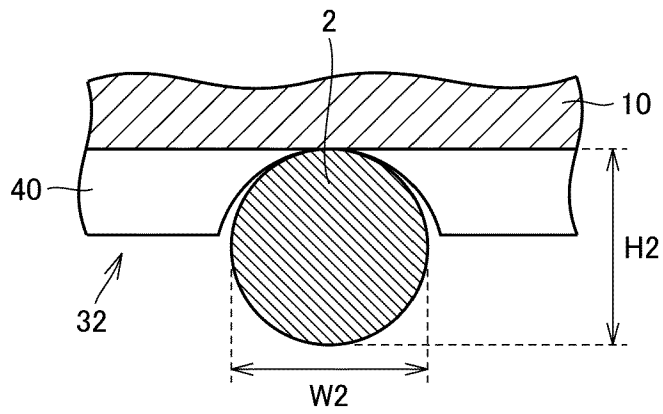
[図6]

FIG.6



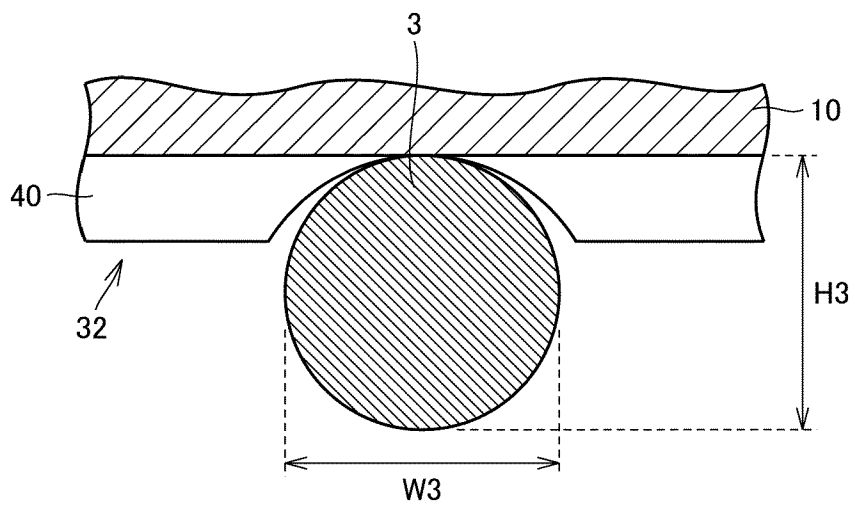
[図7]

FIG.7



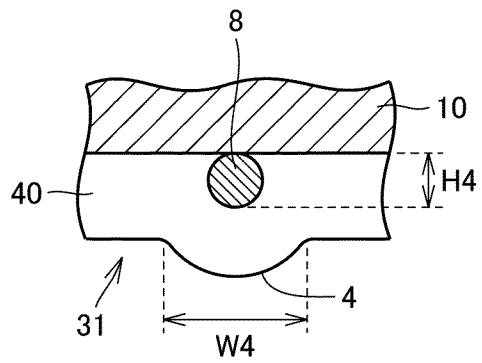
[図8]

FIG.8



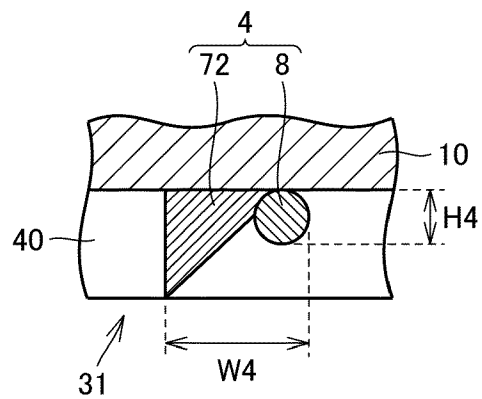
[図9]

FIG.9



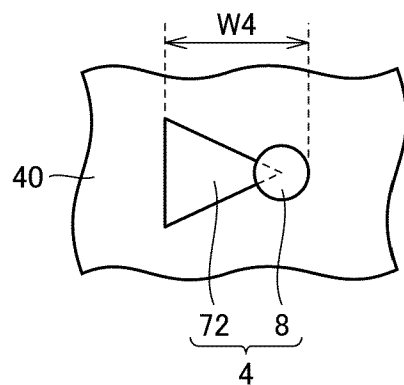
[図10]

FIG.10



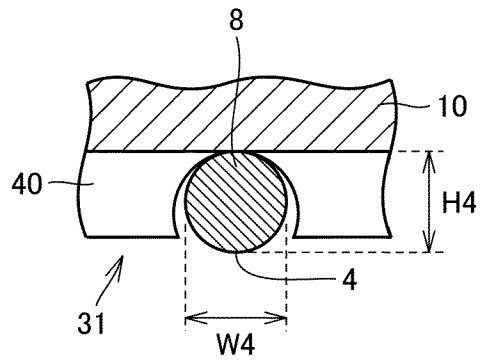
[図11]

FIG.11



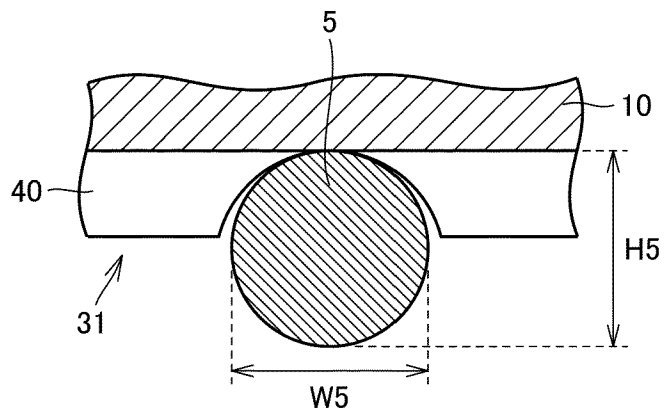
[図12]

FIG.12



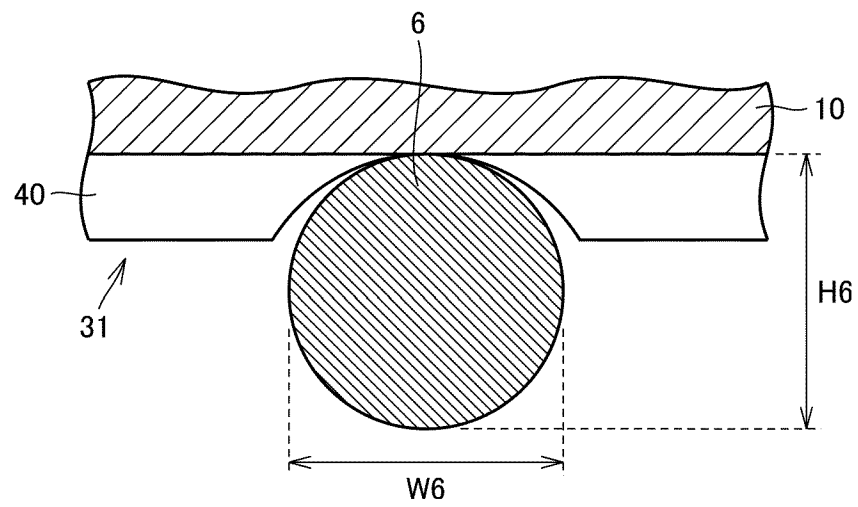
[図13]

FIG.13



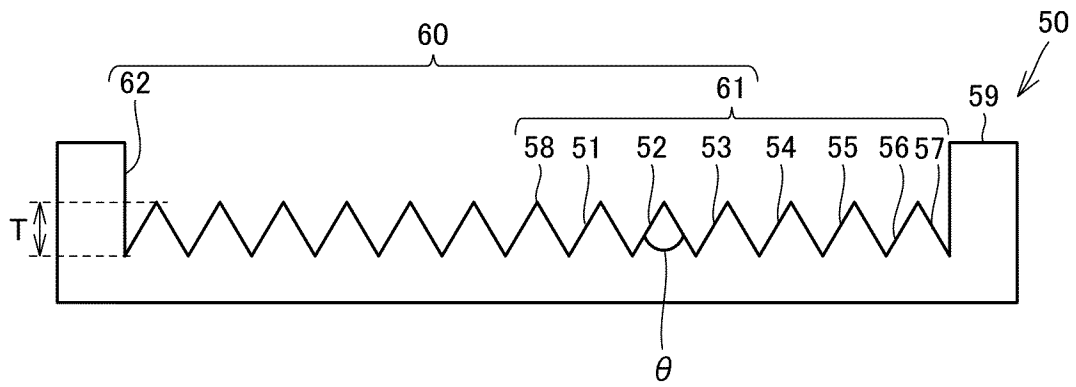
[図14]

FIG.14



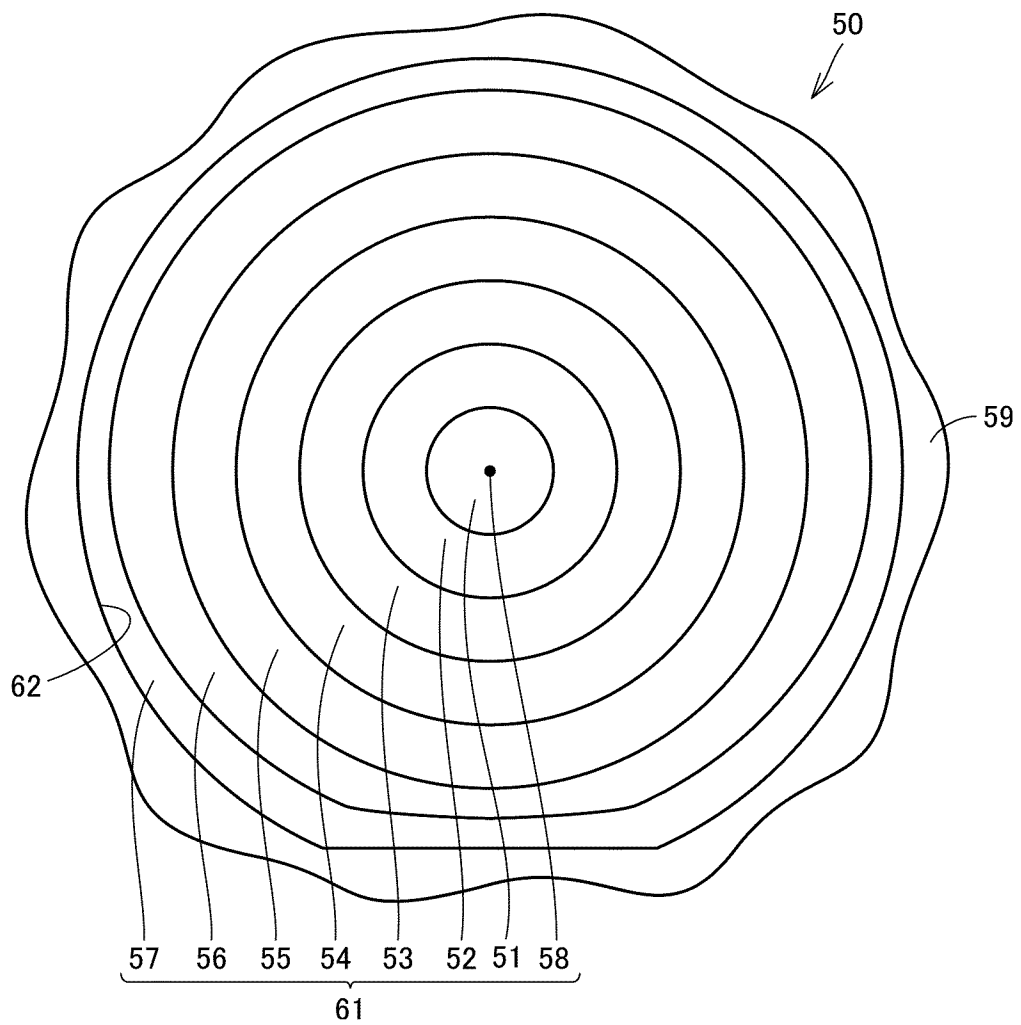
[図15]

FIG.15



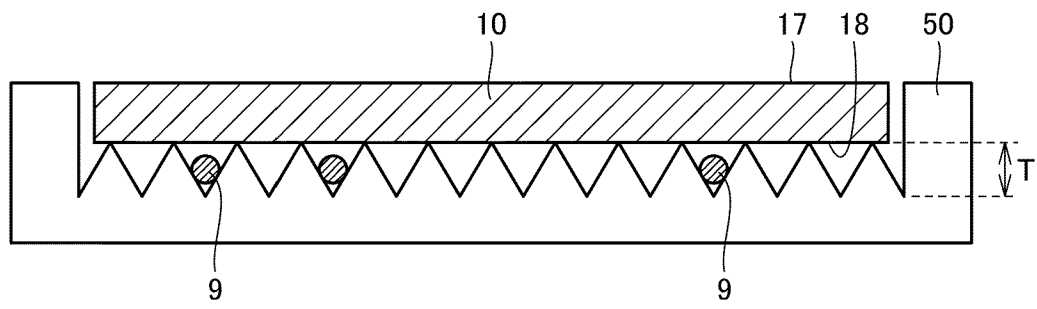
[図16]

FIG.16



[図17]

FIG.17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/024523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C30B29/36 (2006.01) i, C23C16/42 (2006.01) i, C30B25/20 (2006.01) i, H01L21/28 (2006.01) i

FI: C30B29/36 A, C30B25/20, C23C16/42, H01L21/28 301B

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, C30B25/20, H01L21/28

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-113997 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 09 June 2011 (2011-06-09), paragraphs [0009]-[0039]	1-9
A	JP 2008-243900 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 October 2008 (2008-10-09), paragraphs [0011]-[0029]	1-9
A	JP 2008-251574 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 16 October 2008 (2008-10-16), paragraphs [0007]-[0055]	1-9
A	WO 2011/108137 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 09 September 2011 (2011-09-09), paragraphs [0021]-[0095]	1-9

☐ 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
10.08.2021

Date of mailing of the international search report
24.08.2021

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/024523

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-113997 A	09.06.2011	(Family: none)	
JP 2008-243900 A	09.10.2008	(Family: none)	
JP 2008-251574 A	16.10.2008	(Family: none)	
WO 2011/108137 A1	09.09.2011	US 2012/0017826 A1 paragraphs [0049]- [0125] CA 2765310 A KR 10-2012-0042753 A TW 201131627 A	

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; C23C 16/42(2006.01)i; C30B 25/20(2006.01)i; H01L 21/28(2006.01)i FI: C30B29/36 A; C30B25/20; C23C16/42; H01L21/28 301B		
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; C23C16/42; C30B25/20; H01L21/28 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-113997 A（株式会社豊田中央研究所）09.06.2011（2011-06-09） [0009]-[0039]	1-9
A	JP 2008-243900 A（三菱電機株式会社）09.10.2008（2008-10-09） [0011]-[0029]	1-9
A	JP 2008-251574 A（松下電器産業株式会社）16.10.2008（2008-10-16） [0007]-[0055]	1-9
A	WO 2011/108137 A1（住友電気工業株式会社）09.09.2011（2011-09-09） [0021]-[0095]	1-9
☐ 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、一般的な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 10.08.2021		国際調査報告の発送日 24.08.2021
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） 今井 淳一 4G 9055 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/JP2021/024523

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-113997	A	09.06.2011	(ファミリーなし)	
JP	2008-243900	A	09.10.2008	(ファミリーなし)	
JP	2008-251574	A	16.10.2008	(ファミリーなし)	
WO	2011/108137	A1	09.09.2011	US 2012/0017826 A1	
				[0049]-[0125]	
				CA 2765310 A	
				KR 10-2012-0042753 A	
				TW 201131627 A	