(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
2016 年 1 月 14 日(14.01.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/006442 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01) *C30B 23/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068162

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 24 日(24.06.2015)

(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 2014-139432 2014 年 7 月 7 日(07.07.2014) 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: 川瀬 智博(KAWASE, Tomohiro); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (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二丁目２番７号 中之島セントラルタワー 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

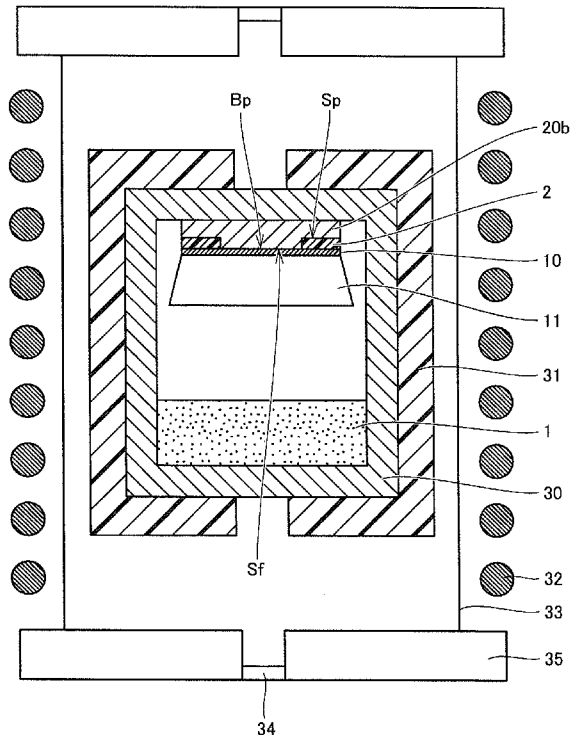
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

[続葉有]

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

(54) 発明の名称 : 炭化珪素単結晶の製造方法および炭化珪素基板

FIG.2



(57) **Abstract**: This production method for a silicon carbide single crystal is provided with: a step for preparing a support member (20b) which is provided with a bonding section (Bp), and a stepped section (Sp) provided to at least a portion of the periphery of the bonding section (Bp); and a step in which a buffer material (2) is provided to the stepped section (Sp). The bonding section (Bp) and the buffer material (2) form a support surface (Sf). The production method is further provided with: a step in which a seed crystal (10) is provided to the support surface (Sf), and the bonding section (Bp) and the seed crystal (10) are bonded together; and a step in which a single crystal (11) is grown on the seed crystal (10).

(57) 要約: 炭化珪素単結晶の製造方法は、接着部（Ｂｐ）と、接着部（Ｂｐ）の周縁の少なくとも一部に段差部（Ｓｐ）とを有する支持部材（２０ｂ）を準備する工程と、段差部（Ｓｐ）に緩衝材（２）を配置する工程と、を備える。接着部（Ｂｐ）と緩衝材（２）とは支持面（Ｓｆ）を構成する。さらにこの製造方法は、支持面（Ｓｆ）上に種結晶（１０）を配置するとともに、接着部（Ｂｐ）と種結晶（１０）とを接着する工程と、種結晶（１０）上に単結晶（１１）を成長させる工程と、を備える。

WO 2016/006442 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 炭化珪素単結晶の製造方法および炭化珪素基板

技術分野

[0001] 本開示は、炭化珪素単結晶の製造方法および炭化珪素基板に関する。

背景技術

[0002] 炭化珪素基板（ウェーハ）の多くは、昇華法（いわゆる「改良Ｌｅｌｙ法」）によって製造されている〔たとえば、特開２００４－２６９２９７号公報（特許文献１）および特開２００４－３３８９７１号公報（特許文献２）を参照〕。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００４－２６９２９７号公報

特許文献2：特開２００４－３３８９７１号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る炭化珪素単結晶の製造方法は、接着部と、該接着部の周縁の少なくとも一部に段差部とを有する支持部材を準備する工程と、該段差部に緩衝材を配置する工程と、を備え、該接着部と該緩衝材とは支持面を構成し、さらに、該支持面上に種結晶を配置するとともに、該接着部と該種結晶とを接着する工程と、該種結晶上に単結晶を成長させる工程と、を備える。

[0005] 本開示の一態様に係る炭化珪素基板は、直径が１５０ｍｍ以上であり、直径が５０ｍｍである中心領域と、外周端に沿って形成され、該外周端からの距離が１０ｍｍ以内である外周領域と、を備え、該中心領域内の任意の３点で測定した結晶面方位を平均して基準方位としたとき、該外周領域内の任意の点で測定される結晶面方位と該基準方位とのずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]本開示の一態様に係る炭化珪素単結晶の製造方法の概略を示すフローチャートである。

[図2]本開示の一態様に係る炭化珪素単結晶の製造方法の一部を図解する模式的な断面図である。

[図3]本開示の一態様に係る支持部材の一例を示す模式的な平面図である。

[図4]本開示の一態様に係る支持部材の他の一例を示す模式的な平面図である。

[図5]本開示の一態様に係る支持部材の一例を示す模式的な断面図である。

[図6]本開示の一態様に係る炭化珪素基板の構成の一例を示す模式的な平面図である。

[図7]結晶面方位のずれの測定方法の一例を図解する模式図である。

発明を実施するための形態

[0007] [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。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。また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＜＞、個別面を（）、集合面を｛｝でそれぞれ示す。また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] 昇華法とは、原料を高温下で昇華させ、昇華した原料を種結晶上において再結晶化させる結晶成長方法である。通常この方法では、原料は成長容器（たとえば黒鉛製の坩堝）の下部に収容され、種結晶は成長容器の上部に位置する支持部材（たとえば坩堝の蓋）に接着、固定される。近年、この昇華法の進展により、直径が１００ｍｍ程度（たとえば４インチ程度）までの炭化珪素（ＳｉＣ）基板については量産化技術が確立されつつある。しかしＳｉＣパワーデバイスの本格普及には、更なる大口径化、すなわち直径１５０ｍｍ以上（たとえば６インチ以上）のＳｉＣ基板の量産が必要とされている。

[0009] 基板の大口径化には結晶欠陥の低減策が不可欠である。基板の口径が大きくなるにつれて結晶欠陥が増加するからである。従来、結晶欠陥を低減すべく様々な方法が提案されている。たとえば特許文献１には、昇華法において種結晶と台座（支持部材）との間に応力緩衝材を配置することが提案されている。これによれば、種結晶と台座間の熱膨張係数の差異に起因して生じる熱応力を、応力緩衝材が緩和するため、成長したＳｉＣ単結晶において格子面の反り、マクロ欠陥を防止できるとされている。

[0010] また特許文献２には、種結晶と台座との間に緩衝部材を介在させ、さらに接着剤を使用せずに緩衝部材を台座に連結することが提案されている。これによれば、種結晶と緩衝部材間の熱膨張係数の差異に起因する緩衝部材の反りを許容して、成長結晶の格子面の湾曲を防止できるとされている。

[0011] しかしながら、これらの方法はいずれも大口径基板の量産化技術としては不十分である。結晶成長速度が低下する可能性があるからである。上記応力緩衝材あるいは緩衝部材として使用されている黒鉛シートは、黒鉛層が幾重にも積層された構造を持つ。こうした黒鉛シートは、黒鉛層の面内方向（シートの面内方向）では高い熱伝導率を示す一方、黒鉛層の積層方向（シートの厚さ方向）では熱伝導率が相対的に低い。たとえば、面内方向の熱伝導率は１３４Ｗ／（ｍ・Ｋ）程度であるのに対し、積層方向の熱伝導率は４．７Ｗ／（ｍ・Ｋ）程度しかない。このように黒鉛シートは厚さ方向において熱伝導率が低いことから、種結晶と台座との間に黒鉛シートを介在させると、黒鉛シートの厚さ方向に大きな温度差が生じ、その結果、成長結晶と原料との温度差が小さくなり、結晶成長速度が低下することになる。

[0012] 加えて上記の方法は、生産の安定性も欠いている。すなわち黒鉛シートに種結晶を接着して固定すると、種結晶が台座から剥離して落下する可能性がある。これは、黒鉛シートでは黒鉛層間の破断強度が低く、成長結晶の質量が増加したり、あるいは種結晶と黒鉛シートとの熱膨張係数の差に起因する熱応力が生じたりすると、層間において容易に破断を来すからである。さらに落下に至らずとも、台座と種結晶との間に一部分でも剥離が生じると、当

該部分において種結晶（ＳｉＣ）が温度の低い側（台座側）へと昇華してしまい、その結果、成長結晶において微細な貫通孔が形成されることになる。こうした事象は、とりわけ大口径の単結晶を成長させる際、顕著に現れる。

[0013] 〔１〕本開示の一態様に係る炭化珪素単結晶の製造方法は、接着部と、該接着部の周縁の少なくとも一部に段差部とを有する支持部材を準備する工程と、該段差部に緩衝材を配置する工程と、を備え、該接着部と該緩衝材とは支持面を構成し、さらに、該支持面上に種結晶を配置するとともに、該接着部と該種結晶とを接着する工程と、該種結晶上に単結晶を成長させる工程と、を備える。

[0014] 上記によれば大口径（たとえば直径１５０ｍｍ以上）のＳｉＣ基板を製造することができる。先ず上記製造方法では、種結晶を接着部において直接支持部材に接着する。このように緩衝材を介在させず、直接種結晶を支持部材に接着することにより、落下等の不具合を生じることなく安定して種結晶を保持できる。さらに接着部では緩衝材が介在しないため、支持部材と種結晶との間に大きな温度差が生じることがなく、原料と成長結晶との温度差を維持することができる。したがって量産に相応しい結晶成長速度を実現できる。

[0015] 本発明者の研究によれば大口径のＳｉＣ単結晶を成長させるとき、支持部材と種結晶との熱膨張係数の差に起因する熱応力は、ＳｉＣ単結晶の外周近傍に発生しやすい。上記製造方法では、接着部の周縁の少なくとも一部（たとえば支持部材においてＳｉＣ単結晶の外周に対応する部位）に段差部を設けて、当該段差部に緩衝材（たとえば黒鉛シート）を配置する。そうすることで種結晶の外周近傍に生じる熱応力を効率的に緩和できる。すなわちＳｉＣ単結晶の外周において結晶欠陥を低減することができる。ここで「段差部」とは接着部（面）よりも低く（種結晶から離れる方向へ）後退する部分を示すものとする。

[0016] 〔２〕上記支持面の平面形状は円形であり、該支持面の直径をd_1とするとき、上記段差部は、該支持面の中心点を含みかつ直径が０．５d_1以上である

中心領域の外側に位置していてもよい。

[0017] 直径が０．５d_1以上である接着部を確保することにより、種結晶を支持部材に安定して支持させることができる。また結晶成長中、ＳｉＣ単結晶および種結晶に与えられた熱を、接着部を通して逃がすことができる。上記の構成によれば接着部は、種結晶およびＳｉＣ単結晶の中心付近に対応する部分を含むことになる。よってＳｉＣ単結晶に、平面視において中心付近の温度がその周囲より低い温度分布を形成することができる。これにより中心付近ではその周囲よりも結晶成長速度が高まり、ＳｉＣ単結晶の外形を結晶品質の観点から理想的である凸形にすることができる。すなわち上記構成によれば、結晶品質を向上させることができる。

[0018] 〔３〕上記配置する工程において、上記緩衝材は、上記支持部材の中心軸に対して軸対称に配置されていてもよい。

[0019] 結晶品質の良いＳｉＣ単結晶を製造するためには、ＳｉＣ単結晶内に軸対称の温度分布を形成することが望ましい。その場合、ＳｉＣ単結晶に加わる熱応力も軸対称となるため、上記のように緩衝材を軸対称に配置しておけば、効率的に熱応力を緩和できる。

[0020] 〔４〕上記配置する工程において、上記緩衝材は、上記支持部材の中心点に対して点対称に配置されていてもよい。

[0021] こうした態様によれば、ＳｉＣ単結晶内に点対称の温度分布を形成した場合に、熱応力を効率的に緩和することができる。

[0022] 〔５〕上記支持部材は、上記接着部を有する第１の支持部材と、該第１の支持部材と接合する第２の支持部材とを含み、該第１の支持部材と該第２の支持部材とが接合する部分の周縁の少なくとも一部に上記段差部を有することもできる。

[0023] このように支持部材を２部品から構成する態様によっても、上記〔１〕と同様に、量産に相応しい結晶成長速度を実現しつつ、ＳｉＣ単結晶の外周において結晶欠陥を低減することができる。さらにこの態様によれば、第１の支持部材を種結晶と熱膨張係数が近い材質から構成することもでき、それに

より熱応力の発生を低減することもできる。

[0024] 〔６〕上記緩衝材の厚さは、０．１ｍｍ以上２．０ｍｍ以下でもよい。厚さが０．１ｍｍよりも薄いと、熱応力を緩和する効果が低減する可能性がある。また通常、支持部材の垂直方向の熱伝導率よりも、緩衝材の厚さ方向の熱伝導率が低いことから、緩衝部材の厚さが２ｍｍを超えるとこの部分での温度差が大きくなって、ＳｉＣ単結晶において外周近傍の熱応力を緩和する効果が低減する可能性がある。

[0025] 〔７〕上記種結晶の直径は、１５０ｍｍ以上でもよい。これにより直径が１５０ｍｍ以上の大口径基板を製造できる。

[0026] 〔８〕本開示の一態様に係る炭化珪素基板は、直径が１５０ｍｍ以上であり、直径が５０ｍｍである中心領域と、外周端に沿って形成され、該外周端からの距離が１０ｍｍ以内である外周領域と、を備え、該中心領域内の任意の３点で測定した結晶面方位を平均して基準方位としたとき、該外周領域内の任意の点で測定される結晶面方位と基準方位とのずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下である。

[0027] 従来、直径が１５０ｍｍ以上の大口径ＳｉＣ基板は、デバイスの製造プロセス中に基板の外周領域が割れる不具合が頻発しており実用レベルに達していなかった。たとえば従来の大口径ＳｉＣ基板は、搬送工程で無理な力が加わったり、装置の一部に当たって衝撃を受けたりすると容易に割れてしまっていた。

[0028] 本発明者が前述の製造方法によって、直径１５０ｍｍ以上のＳｉＣ基板を製造したところ、このＳｉＣ基板はデバイスの製造プロセス中に割れる頻度が非常に低いという驚くべき結果が得られた。そこで本発明者が従来の製造方法から得られたＳｉＣ基板と、本開示の一態様に係る製造方法から得られたＳｉＣ基板との違いを詳細に解析したところ、その違いは基板の外周領域における結晶面方位のずれ具合にあることが見出された。

[0029] すなわち、基板の中心領域内の任意の３点で測定した結晶面方位を平均して基準方位としたとき、外周領域内の任意の点で測定される結晶面方位と基

準方位とのずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下である基板は割れることがなく、他方、同ずれが２００ａｒｃｓｅｃを超える基板は容易に割れてしまうことが明らかとなった。こうした結晶面方位のずれ（歪み）と基板の割れとの相関は、本開示の一態様に係る製造方法によって割れない基板が得られたからこそ、初めて検出できたといえる。なぜなら割れた後の基板では結晶面が既に周囲の拘束から解放されているため、そもそも結晶面方位のずれを検出できないからである。

[0030] ここで「ａｒｃｓｅｃ」は角度の単位であり、「３６００分の１°」を意味している。結晶面方位は、たとえば２結晶Ｘ線回折法によって測定することができる。また「外周領域内の任意の点」は、たとえばＸ線トポグラフによって特定された外周領域内で最も格子面傾斜が大きい部分に属することが望ましい。

[0031] 〔９〕上記〔８〕の炭化珪素基板は、厚さが０．３ｍｍ以上０．４ｍｍ以下でもよい。

基板の厚さを０．４ｍｍ以下とすることにより、デバイスの製造コストを削減できる可能性がある。また基板の厚さを０．３ｍｍ以上とすることにより、デバイスの製造プロセスにおけるハンドリングが容易となる。一般にＳｉＣ基板は口径が大きく、薄いほど割れやすい。そのため従来は、直径が１５０ｍｍ以上であり、厚さが０．５ｍｍ以下である基板の実現は極めて困難であった。しかし上記〔８〕の如く、結晶面方位のずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下であれば、大口径で、なおかつ厚さの薄い基板であっても、デバイスの製造プロセスにおいて割れずに耐えることができる。

[0032] 〔１０〕上記〔８〕または〔９〕の炭化珪素基板において、上記中心領域内の任意の３点で測定した（０００４）面のＸ線ロッキングカーブの半値全幅の平均値と、上記外周領域内の任意の点で測定される（０００４）面のＸ線ロッキングカーブの半値全幅との差の絶対値が、２０ａｒｃｓｅｃ以下であってもよい。

[0033] [本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の実施形態（以下「本実施形態」とも記す）について詳細に説明するが、本実施形態はこれらに限定されるものではない。

[0034] 〔炭化珪素単結晶の製造方法〕

図１は、本実施形態の製造方法の概略を示すフローチャートである。図２は、当該製造方法の一部を図解する模式的な断面図である。図１および図２に示すように、当該製造方法は、接着部Ｂｐと段差部Ｓｐとを有する支持部材２０ｂを準備する工程（Ｓ１０１）と、段差部Ｓｐに緩衝材２を配置する工程（Ｓ１０２）と、支持面Ｓｆ上に種結晶１０を配置するとともに接着部Ｂｐと種結晶１０とを接着する工程（Ｓ１０３）と、種結晶１０上に単結晶１１を成長させる工程（Ｓ１０４）と、を備える。以下、各工程について説明する。

[0035] 〔支持部材を準備する工程（Ｓ１０１）〕

この工程では、接着部Ｂｐと、接着部Ｂｐの周縁の少なくとも一部に段差部Ｓｐとを有する支持部材を準備する。支持部材は、たとえば黒鉛製であり、坩堝３０（図２参照）の蓋として機能させてもよい。

[0036] 図３は支持部材の一例を示す模式的な平面図である。図３に示すように、支持部材２０ａの平面形状は円形であり、接着部Ｂｐと、接着部Ｂｐより低く後退する段差部Ｓｐとを有している。後述するように段差部Ｓｐに緩衝材２が配置されることにより、接着部Ｂｐと緩衝材２とは支持面Ｓｆを構成することになる（図２参照）。図３中、段差部Ｓｐは４つ設けられているが、段差部Ｓｐは少なくとも一部に設けられていればよく、その数は特に制限されない。

[0037] 図３では、支持部材２０ａの直径（すなわち支持面Ｓｆの直径）をd_1として図示している。直径d_1は大きいほど、直径の大きい種結晶を安定して支持することができる。本実施形態は、大口径（たとえば直径１５０ｍｍ以上）の単結晶を製造することを目的とする。よって直径d_1は、好ましくは１５０ｍｍ以上であり、より好ましくは１７５ｍｍ以上であり、特に好ましくは２００ｍｍ以上である。なお直径d_1は、３００ｍｍ以下でもよい。

[0038] このとき段差部Ｓｐは、支持部材２０ａの平面視における中心点Ｃｐを含みかつ直径が０．５d_1以上である中心領域ＣＲ１の外側に設けることが好ましい。接着部Ｂｐの面積を確保しつつ、単結晶１１の外周領域に生じる熱応力を緩和できるからである。中心領域ＣＲ１の直径は０．６d_1以上がより好ましく、０．７d_1以上が特に好ましい。接着部Ｂｐの面積を大きくすることにより、単結晶１１の中心付近から熱を逃がして、単結晶１１の外形を凸形に制御しやすくなるからである。成長初期において単結晶１１の外形を凸形にできれば、異種ポリタイプの混入を抑制しやすくなる。

[0039] 単結晶１１を凸形に成長させるにあたり、単結晶１１には軸対称な温度分布を形成することが望ましい。そのため段差部Ｓｐは、この温度分布に合わせて、支持部材２０ａの中心軸Ａｘに対して軸対称に設けられることが好ましい。温度分布によって熱応力が発生しやすくなる部分に対向して、緩衝材２を配置するためである。

[0040] さらに単結晶１１に生じさせる温度分布は、同心円状すなわち単結晶１１の中心点に対して点対称とすることがより望ましい。図４は、そうした場合に好適な支持部材の一例を示す模式的な平面図である。図４に示す支持部材２０ｂでは、段差部Ｓｐが接着部Ｂｐの周囲を取り囲むように、支持部材２０ｂの中心点Ｃｐに対して点対称に設けられている。支持部材２０ｂによれば、同心円状の温度分布に対応できるため、単結晶１１の結晶品質を向上させることができる。

[0041] 支持部材は、たとえば２部品から構成されるものであってもよい。図５は、２部品から構成される支持部材の一例を示す模式的な断面図である。支持部材２０ｃは、第１の支持部材２１と第２の支持部材２２とを備える。第２の支持部材２２は、たとえば黒鉛から構成される。接着部Ｂｐを有する第１の支持部材２１は、種結晶１０に熱膨張係数が近い材質から構成されることが望ましい。たとえば第１の支持部材２１は、ＳｉＣ単結晶あるいはＳｉＣ多結晶体等から構成され得る。もちろん第１の支持部材２１は、第２の支持部材２２と同様に黒鉛から構成されていてもよい。

[0042] 第１の支持部材２１と第２の支持部材２２とは、たとえば接着剤、嵌合構造等によって接合すればよい。ここで接着剤には、たとえばカーボン接着剤が好適である。カーボン接着剤とは、有機溶剤に黒鉛微粒子を分散してなる接着剤である。具体例としては、たとえば日清紡ケミカル株式会社製の「ＳＴ－２０１」等を例示できる。こうしたカーボン接着剤は熱処理によって炭化させることもでき、これにより対象物同士を強固に接着させることができる。たとえば、カーボン接着剤を一旦１５０℃以上３００℃以下程度の温度で保持して有機溶剤を気化させた後、さらに５００℃以上１０００℃以下程度の高温で保持することにより、カーボン接着剤を炭化させることができる。

[0043] 〔緩衝材を配置する工程（Ｓ１０２）〕

この工程では段差部Ｓｐに緩衝材２を配置する。緩衝材２は段差部Ｓｐに接着してもよいし、単に載せ置くだけでもよい。図２に示すように、段差部Ｓｐに緩衝材２が配置されることにより、接着部Ｂｐと緩衝材２とが支持面Ｓｆを構成することになる。前述のように緩衝材２は、好ましくは支持部材の中心軸Ａｘに対して軸対称、より好ましくは支持部材の中心点Ｃｐに対して点対称に配置される。

[0044] （緩衝材）

緩衝材２には、たとえば黒鉛シート等の耐熱性を有しかつ柔軟性に富む素材が好適である。緩衝材２の厚さは０．１ｍｍ以上２．０ｍｍ以下が好ましい。厚さが０．１ｍｍよりも薄いと熱応力を緩和する効果が低減する可能性がある。また厚さが２．０ｍｍを超えると緩衝材２の厚さ方向での温度差が大きくなって、ＳｉＣ単結晶において外周近傍の熱応力を緩和する効果が低減する可能性もある。熱応力を効率的に緩和するためには、緩衝材２の厚さは０．１ｍｍ以上１．０ｍｍ以下がより好ましく、０．２ｍｍ以上０．８ｍｍ以下が特に好ましい。緩衝材がシート状である場合、複数の緩衝材を積層して使用してもよい。その場合、緩衝材の厚さとは、積層された複数の緩衝材の厚さの総和を示すものとする。

[0045] 〔接着部と種結晶とを接着する工程（Ｓ１０３）〕

図２または図５に示すように、この工程では支持部材の接着部Ｂｐと種結晶１０とを接着する。接着には、たとえば前述のカーボン接着剤を使用すればよい。接着部Ｂｐとともに支持面Ｓｆを構成する緩衝材２と、種結晶１０とは必ずしも接着しなくてもよい。ただし、緩衝材２と種結晶１０との間には隙間が生じない態様とすることが望ましい。両者の間に隙間が存在すると、当該部分において種結晶１０（ＳｉＣ）が温度の低い側（支持部材側）へと昇華してしまい、種結晶１０に微細な貫通孔が発生する可能性があるからである。たとえば接着部Ｂｐと同様に接着剤を使用して、緩衝材２と種結晶１０とをその間に隙間が生じないように密着させるとよい。

[0046] （種結晶）

種結晶１０は、たとえばポリタイプ４Ｈ、６Ｈ等のＳｉＣインゴット（単結晶）を所定の厚さにスライスして準備すればよい。ポリタイプ４Ｈはデバイス用として特に有用である。スライスには、たとえばワイヤーソー等を使用すればよい。図２に示すように、種結晶１０の主面のうち単結晶１１が成長することになる面（以下「成長面」とも記す）は、たとえば（０００１）面〔いわゆるＳｉ面〕側としてもよいし、（０００－１）面〔いわゆるＣ面〕側としてもよい。

[0047] 種結晶１０の成長面は、｛０００１｝面から１°以上１０°以下傾斜するようにスライスされた面であることが望ましい。すなわち種結晶１０の｛０００１｝面に対するオフ角度は１°以上１０°以下であることが望ましい。種結晶１０のオフ角度をこのように制限することで基底面転位等の結晶欠陥を抑制できるからである。当該オフ角度は、より好ましくは１°以上８°以下であり、特に好ましくは２°以上８°以下である。オフ方向は、たとえば＜１１－２０＞方向である。

[0048] 種結晶１０の平面形状は、たとえば円形である。前述のように、本実施形態は大口径のＳｉＣ単結晶を成長させる際に顕在化する結晶欠陥を抑制するものである。したがって直径の大きい種結晶１０を用いて、直径の大きなＳ

ｉＣ単結晶を成長させるほど、従来技術に対する本実施形態の優位性が際立つことになる。後述するように本発明者は、直径が１５０ｍｍの種結晶を用いた実験において、従来技術に対する本実施形態の優位性を確認している。種結晶の直径が１５０ｍｍよりも大きくなれば、この差はいっそう大きくなると予想される。よって種結晶１０の直径は、好ましくは１５０ｍｍ以上であり、より好ましくは１７５ｍｍ以上（たとえば７インチ以上）であり、特に好ましくは２００ｍｍ以上（たとえば８インチ以上）である。なお種結晶１０の直径は、３００ｍｍ以下（たとえば１２インチ以下）でもよい。

[0049] 種結晶１０の厚さは、たとえば０．５ｍｍ以上５ｍｍ以下でもよい。本実施形態は、厚さが０．５ｍｍ以上２ｍｍ以下の薄い種結晶に適用してもよい。種結晶が薄くなるほど、歪みが入りやすいからである。

[0050] 図２に示すように、種結晶１０の主面のうち接着部Ｂｐと接着することになる面（以下「接着面」とも記す）に対しては表面粗さを大きくする処理が施されていることが好ましい。支持部材（接着部Ｂｐ）との接着強度を高めるためである。そうした処理としては、たとえば比較的粒径の大きな砥粒を使用した研磨処理を例示できる。たとえば、平均粒径が５μｍ以上５０μｍ以下（好ましくは１０μｍ以上３０μｍ以下、より好ましくは１２μｍ以上２５μｍ以下）程度のダイヤモンドスラリーを使用して研磨すればよい。ここで「平均粒径」は、レーザ回折散乱法によって測定されたメジアン径（いわゆる「Ｄ５０」）を示すものとする。

[0051] あるいは、接着面はスライスによって形成されかつ研磨されていない梨地面（アズスライス面）としてもよい。こうした梨地面も表面粗さが大きく、接着強度の観点から好ましいこともある。

[0052] 〔単結晶を成長させる工程（Ｓ１０４）〕

図２に示すように、この工程では、種結晶１０の成長面上に単結晶１１を成長させる。図２では昇華法による例を図示している。図２には支持部材２０ｂを図示しているが、前述の支持部材２０ａおよび支持部材２０ｃも当然使用できる。

[0053] まず原料１が坩堝３０の底部に収容される。原料１には、従来のＳｉＣ原料を使用することができる。たとえばＳｉＣ多結晶または単結晶を粉砕した粉末等を使用することができる。

[0054] 次に種結晶１０の成長面が原料１に面するようにして、支持部材２０ｂが坩堝３０の上部に配置される。前述のように、このとき支持部材２０ｂは坩堝３０の蓋として機能することもある。坩堝３０の周囲には断熱材３１が配置される。これらは、たとえば石英製のチャンバー３３内に設置される。チャンバー３３の上端部および下端部にはステンレス製のフランジ３５が設置されており、フランジ３５にはビューポート３４が設けられている。たとえば放射温度計（パイロメータ）等の非接触式温度計を使用すれば、ビューポート３４を通して坩堝３０の底部あるいは天井部の温度を測定、監視することができる。ここで底部の温度は原料１の温度を反映し、天井部の温度は、種結晶１０および単結晶１１の温度を反映するものである。坩堝３０内の温度環境は、チャンバー３３の周囲を取り囲むように配置された高周波コイル３２に流す電流量によって制御される。坩堝３０の底部の温度は、たとえば２２００℃以上２４００℃以下程度に設定され、坩堝３０の天井部の温度は、たとえば２０００℃以上２２００℃以下程度に設定される。これにより原料１が図２の縦方向に昇華し、昇華物が種結晶１０上に堆積して単結晶１１となって成長する。

[0055] 結晶成長は、チャンバー３３内にアルゴン（Ａｒ）ガスを供給することにより、Ａｒ雰囲気中で実行される。このときＡｒと共に適量の窒素（N_2）ガスを供給すれば、窒素がドーパントとなって単結晶１１にｎ型の導電型を付与できる。チャンバー３３内の圧力条件は０．１ｋＰａ以上、大気圧以下が好ましく、結晶成長速度の観点から１０ｋＰａ以下がより好ましい。

[0056] 図２に示すように、本実施形態では、種結晶１０は接着部Ｂｐにおいて緩衝材２を介さず支持部材２０ｂに直接接着されている。よって結晶成長中に種結晶１０が落下する不具合の発生を抑制し、かつ量産に相応しい結晶成長速度を実現できる。

[0057] このとき種結晶１０の外周には熱応力が発生するが、これに対向する部分には緩衝材２が配置されているため、当該熱応力は緩和される。したがって、直径が１５０ｍｍ以上である大口径のＳｉＣ単結晶も結晶品質を維持して成長させることができる。

[0058] 以上、昇華法を例示しながら本実施形態を説明したが、本実施形態は昇華法に限定されず、支持部材に種結晶を固定した状態で種結晶上に単結晶を成長させる、単結晶の製造方法に広く適用可能である。たとえば、各種原料ガスを使用したＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法等の昇華法と同じく気相から単結晶を成長させる方法の他、フラックス法、液相エピタキシャル法、ブリッジマン法、チョクラルスキー法等の液相から単結晶を成長させる方法にも適用できる。

[0059] 〔炭化珪素基板〕

次に本実施形態に係るＳｉＣ基板について説明する。図６は本実施形態に係るＳｉＣ基板の概略を示す模式的な平面図である。図６に示すように、ＳｉＣ基板１００は直径d_2が１５０ｍｍ以上の基板であり、直径が５０ｍｍである中心領域ＣＲ２と、外周端ＯＥに沿って形成され、外周端ＯＥからの距離が１０ｍｍ以内である外周領域ＯＲと、を備えている。ＳｉＣ基板１００は、典型的には前述の製造方法によって得られた単結晶１１（インゴット）をスライスしたものである。したがって中心領域ＣＲ２と外周領域ＯＲとの間での結晶面方位のずれが小さく、直径１５０ｍｍ以上の大口径であるにもかかわらず、デバイスの製造プロセスにおいて割れる頻度が極めて低い。

[0060] ＳｉＣ基板１００の厚さは、たとえば０．１ｍｍ以上０．６ｍｍ以下程度である。デバイスの原料コストの観点から、ＳｉＣ基板１００の厚さは薄いほど好ましい。しかしＳｉＣ基板は薄くなるほど割れやすくなり、それによりデバイスの歩留まりが低下して、デバイスの製造コストがむしろ増加することもあり得る。特に直径が１５０ｍｍ以上の大口径基板の場合には、基板のハンドリングを考慮して一定の厚さを確保する必要がある。そのため従来技術では、直径が１５０ｍｍ以上であり、かつ厚さが０．５ｍｍ以下である

ＳｉＣ基板の実現は極めて困難であった。

[0061] これに対して本実施形態に従うＳｉＣ基板は、後述する評価に示されるように０．４ｍｍ以下の厚さにおいても、デバイスの製造プロセスで割れずに耐えることができる。よってＳｉＣ基板１００の厚さは０．５ｍｍ以下程度が好ましく、０．４ｍｍ以下程度がより好ましい。これによりデバイスの原料コストを削減できる可能性がある。ただし基板のハンドリングを考慮すると、ＳｉＣ基板１００の厚さは０．２ｍｍ以上程度が好ましく、０．３ｍｍ以上程度がより好ましい。すなわちＳｉＣ基板１００の厚さは、０．２ｍｍ以上０．５ｍｍ以下程度が好ましく、０．３ｍｍ以上０．４ｍｍ以下程度が最も好ましい。なおＳｉＣ基板の直径は、３００ｍｍ以下でもよい。

[0062] （結晶面方位のずれの測定方法）

中心領域ＣＲ２と外周領域ＯＲとの間での結晶面方位のずれは、たとえば２結晶Ｘ線回折法によって測定することができる。ただしこの測定方法は一例に過ぎず、結晶面方位のずれを測定できる方法であれば如何なる方法を使用しても構わない。

[0063] 図７は、結晶面方位のずれの測定方法の一例を図解する模式図である。ＳｉＣ基板１００中に記された「Ｘ」形の凡例は、それぞれ結晶面方位の測定点を示している。測定点ｍｐ１、測定点ｍｐ２および測定点ｍｐ３は中心領域ＣＲ２に属しており、測定点ｍｐ４は外周領域ＯＲに属している。図７の下部には、各測定点における結晶面方位を模式的に示している。図７中の矢印はＸ線の入射と反射とを示している。結晶面ｃｆは、たとえば｛０００１｝面である。図７中たとえば、測定点ｍｐ１における結晶面方位をω１（°）として図示している。

[0064] 本実施形態では、中心領域ＣＲ２に属する３つの測定点での結晶面方位を平均して基準方位ωａを決定する。基準方位ωａは下記式（１）：

ωａ＝（ω１＋ω２＋ω３）÷３・・・式（１）

から算出できる。このとき３つの測定点ｍｐ１、ｍｐ２およびｍｐ３の選択は任意であるが、各測定点間の距離が等間隔となるように選択することが望

ましい。

[0065] 次に外周領域ＯＲに属する測定点ｍｐ４での結晶面方位ω４を測定する。ω４とωａとのずれΔωは下記式（２）：

Δω＝｜ω４－ωａ｜・・・式（２）

によって算出できる。本実施形態では、ずれΔωは２００ａｒｃｓｅｃ以下となる。デバイスの歩留まりの観点から、ずれΔωは１００ａｒｃｓｅｃ以下がより好ましく、５０ａｒｃｓｅｃ以下が特に好ましい。ずれΔωは小さいほど望ましく理想的にはゼロ度であるが、生産性の観点からその下限値は１０ａｒｃｓｅｃ程度に設定してもよい。

[0066] 上記の測定は、たとえば次のような手順で行われる。先ずＸ線トポグラフによって外周領域ＯＲ内で最も格子面傾斜が大きい部分を特定した上で、その部分の中から測定点ｍｐ４を選択し、さらに２結晶Ｘ線回折法によって格子面傾斜（Δω）を測定する。

[0067] また上記の測定点ｍｐ１、測定点ｍｐ２および測定点ｍｐ３ならびに測定点ｍｐ４において、Ｘ線ロッキングカーブ（ＸＲＣ：Ｘ－ｒａｙ　Ｒｏｃｋｉｎｇ　Ｃｕｒｖｅ）測定を行ってもよい。回折面は（０００４）面とする。各測定点において半値全幅（ＦＷＨＭ：Ｆｕｌｌ　Ｗｉｄｔｈ　ａｔ　Ｈａｌｆ　Ｍａｘｉｍｕｍ）を測定する。測定条件は以下のとおりである

Ｘ線源：ＣｕＫα

回折角：１７．８５°

走査速度：０．１°／分

サンプリング間隔：０．００２°。

[0068] 測定は、各測定点を中心とする１ｍｍ×１ｍｍの領域内で行う。測定点ｍｐ１、測定点ｍｐ２および測定点ｍｐ３におけるＦＷＨＭを平均して、当該３点での平均値を求める。当該ＦＷＨＭの平均値と、測定点ｍｐ４におけるＦＷＨＭとの差の絶対値を求める。以下、こうして求められた差の絶対値を「ΔＦＷＨＭ」と称する。ΔＦＷＨＭも、中心領域における結晶面方位と、外周領域における結晶面方位とのずれの指標となる。

[0069] 本実施形態では、ΔＦＷＨＭが２０ａｒｃｓｅｃ以下となる。本発明者の研究によると、ΔＦＷＨＭが２０ａｒｃｓｅｃを超える基板は、デバイスの製造プロセス中に割れる可能性が高い。他方、ΔＦＷＨＭが２０ａｒｃｓｅｃ以下である基板は、割れに対する耐性が高い。ΔＦＷＨＭは小さいほど望ましく、理想的には０ａｒｃｓｅｃである。ΔＦＷＨＭの上限は、１９ａｒｃｓｅｃでもよいし、１８ａｒｃｓｅｃでもよいし、１７ａｒｃｓｅｃでもよいし、１６ａｒｃｓｅｃでもよい。ΔＦＷＨＭの下限は、０ａｒｃｓｅｃでもよいし、５ａｒｃｓｅｃでもよいし、１０ａｒｃｓｅｃでもよいし、１５ａｒｃｓｅｃでもよい。

[0070] 〔評価〕

以下のように製造条件α、βおよびγによってＳｉＣ基板を製造し、さらに結晶面方位のずれ、およびデバイスの製造プロセスにおけるハンドリング（製造プロセス中、割れずに耐え得るか否か）を評価した。以下の説明では製造条件αから得られた基板は、たとえば「基板α１」と記すものとする。

[0071] 〔製造条件α〕

〔支持部材を準備する工程（Ｓ１０１）〕

図２および図４に示すように、平面形状が円形である黒鉛製の支持部材２０ｂを準備した。このとき支持部材２０ｂの直径d_1は１５０ｍｍとし、中心点Ｃｐを含み直径が７５ｍｍである中心領域ＣＲ１（接着部Ｂｐ）の外側に、接着部Ｂｐよりも１．０５ｍｍ低く後退した段差部Ｓｐを形成した。

[0072] 〔緩衝材を配置する工程（Ｓ１０２）〕

図２および図４に示すように、段差部Ｓｐに、緩衝材２（厚さ１．０ｍｍの黒鉛シート）を配置し、さらにカーボン接着剤を使用して支持部材２０ｂと緩衝材２とを接着した。これにより接着部Ｂｐと緩衝材２とから構成される支持面Ｓｆが形成された。

[0073] 〔接着部と種結晶とを接着する工程（Ｓ１０３）〕

直径１５０ｍｍ、厚さ１．５ｍｍのＳｉＣ種結晶１０を準備した。種結晶１０はポリタイプ４Ｈの結晶構造を有し、（０００１）面から４°オフされ

た成長面を有するものであった。種結晶１０の接着面（成長面の反対側に位置する面）に前述のカーボン接着剤を塗布し、支持面Ｓｆに貼り付けた。次いで種結晶１０が貼り付けられた支持部材２０ｂを２００℃に設定された恒温槽内で５時間保管して、カーボン接着剤に含まれる有機溶剤を気化させた。その後、高温炉を使用し、種結晶１０が貼り付けられた支持部材２０ｂを７５０℃で１０時間に亘って熱処理して、カーボン接着剤を炭化させた。これにより接着部Ｂｐおよび緩衝材２と種結晶１０とを接着した。

[0074] 〔単結晶を成長させる工程（Ｓ１０４）〕

図２に示すように、黒鉛製の坩堝３０の底部にＳｉＣ粉末である原料１を収容し、坩堝３０の天井部に種結晶１０が貼り付けられた支持部材２０ｂを配置した。次いで坩堝３０の周囲に断熱材３１を配置し、それらを高周波式加熱装置の石英製チャンバー３３内に設置した。

[0075] チャンバー３３内を真空引きした後、Ａｒガスを供給してチャンバー３３内の圧力を１．０ｋＰａに調整した。さらにチャンバー３３の上下に設けられた２つのビューポート３４から坩堝３０の底部ならびに天井部の温度をパイロメータ（図示せず）で監視しながら、坩堝３０の底部の温度を２３００℃まで上昇させ、坩堝３０の天井部の温度を２１００℃まで上昇させた。この圧力条件および温度条件を保持して５０時間に亘ってＳｉＣ単結晶１１を成長させた。こうして最大直径１６５ｍｍ、高さ１５ｍｍの単結晶１１を得た。

[0076] 〔基板の作製〕

単結晶１１の側面を研削した後、ワイヤーソーでスライスして１０枚の基板を得た。さらに各基板のスライス面を鏡面研磨して、厚さ３５０μｍ、直径１５０ｍｍのミラーウェーハである基板α１～α１０を得た。

[0077] 〔結晶面方位のずれの測定〕

基板α１～α１０の結晶面方位のずれΔωを前述の方法に従って測定した。結果を表１に示す。表１に示すように、基板α１～α１０におけるΔωは、いずれも２００ａｒｃｓｅｃ以下であった。

[0078] 〔ΔＦＷＨＭの測定〕

基板α１～α１０において、ΔＦＷＨＭを前述の方法に従って測定した。結果を表１に示す。表１に示すように、基板α１～α１０におけるΔＦＷＨＭは、いずれも２０ａｒｃｓｅｃ以下であった。

[0079] [表1]

基板	結晶面方位のずれ	半値幅差	デバイスの製造プロセスにおけるハンドリング
	Δω	ΔFWHM	
	arcsec	arcsec	
α1	200	19	A
α2	198	19	A
α3	197	18	A
α4	196	17	A
α5	195	17	A
α6	194	17	A
α7	193	16	A
α8	192	16	A
α9	191	15	A
α10	190	15	A

[0080] 〔デバイスの作製〕

基板α１～α１０を使用して、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）を作製し、デバイスの製造プロセスにおけるハンドリングを以下の「Ａ」および「Ｂ」の２水準で評価した。結果を表１に示す。表１に示すように基板α１～α１０では割れが生じておらず、いずれもハンドリングは良好であった。

[0081] Ａ：基板に割れが生じなかった

Ｂ：基板に割れが生じた。

[0082] 〔製造条件β〕

製造条件βでは従来技術の如く、段差部を有さない支持部材を使用した。前述の種結晶１０の接着面にカーボン接着剤を塗布し、接着面の全面をこの

支持部材に貼り付けた。これ以外の条件は製造条件αと同様にして単結晶１１を成長させ、さらに基板β１～β１０を得た。

[0083] 基板β１～β１０の結晶面方位のずれΔωを前述の方法に従って測定した。結果を表２に示す。表２に示すように、基板β１～β１０では、中心領域と外周領域との間で、結晶面方位に２２０～２５０ａｒｃｓｅｃ程度のずれが生じていた。

[0084] さらに基板β１～β１０において、ΔＦＷＨＭを前述の方法に従って測定した。結果を表２に示す。表２に示すように、基板β１～β１０では、ΔＦＷＨＭが２０ａｒｃｓｅｃを超えていた。

[0085] [表2]

基板	結晶面方位のずれ	半値幅差	デバイスの製造プロセスにおけるハンドリング
	Δω	ΔFWHM	
	arcsec	arcsec	
β1	250	30	B
β2	243	29	B
β3	237	29	B
β4	232	28	B
β5	228	26	B
β6	225	25	B
β7	223	24	B
β8	222	24	B
β9	221	23	B
β10	220	22	B

[0086] 基板β１～β１０を使用してＭＯＳＦＥＴを作製し、デバイスの製造プロセスにおけるハンドリングを前述の２水準で評価した。結果を表２に示す。表２に示すように基板β１～β１０では、すべての基板が製造プロセス中に割れてしまい、デバイスの作製が困難であった。

[0087] 〔製造条件γ〕

製造条件γでは、カーボン接着剤を使用して種結晶１０の接着面の全面に前述の黒鉛シートを貼り付けた後、該黒鉛シートを挟んで種結晶１０と支持

部材２０ｂとを接着することを除いては、製造条件αと同様にして単結晶１１を成長させた。

[0088] その結果、製造条件γでは、結晶成長中に種結晶１０の一部が支持部材２０ｂから剥離し、これにより単結晶１１に多数の微細な貫通孔が発生していた。そのためデバイスの製造に使用できる基板を採取することはできなかった。

[0089] 以上の実験結果より次の事項が実証できたといえる。

第一に、接着部Ｂｐと、接着部Ｂｐの周縁の少なくとも一部に段差部Ｓｐとを有する支持部材２０ｂを準備する工程（Ｓ１０１）と、段差部Ｓｐに緩衝材２を配置する工程（Ｓ１０２）と、を備え、接着部Ｂｐと緩衝材２とは支持面Ｓｆを構成し、さらに、支持面Ｓｆ上に種結晶１０を配置するとともに、接着部Ｂｐと種結晶１０とを接着する工程（Ｓ１０３）と、種結晶１０上に単結晶１１を成長させる工程（Ｓ１０４）と、を備えるＳｉＣ単結晶の製造方法は、大口径基板の量産に相応しい製造方法である。

[0090] 第二に、直径d_2が１５０ｍｍ以上であり、直径が５０ｍｍである中心領域ＣＲ２と、外周端ＯＥに沿って形成され、外周端ＯＥからの距離が１０ｍｍ以内である外周領域ＯＲと、を備え、中心領域ＣＲ２内の任意の３点で測定した結晶面方位を平均して基準方位ωａとしたとき、外周領域ＯＲ内の任意の点で測定される結晶面方位と基準方位ωａとのずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下である、ＳｉＣ基板はデバイスの製造プロセスで割れる頻度が極めて低く、実用に耐え得るＳｉＣ基板である。

[0091] 今回開示された実施形態は、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

[0092] １ 原料、２ 緩衝材、１０ 種結晶、１１ 単結晶、２０ａ，２０ｂ，２０ｃ 支持部材、２１ 第１の支持部材、２２ 第２の支持部材、３０

坩堝、３１　断熱材、３２　高周波コイル、３３　チャンバー、３４　ビューポート、３５　フランジ、１００　基板、Ｂｐ　接着部、Ｓｐ　段差部、Ｓｆ　支持面、Ｃｐ　中心点、ＣＲ１，ＣＲ２　中心領域、ＯＲ　外周領域、ＯＥ　外周端、d_1，d_2　直径、ｍｐ１，ｍｐ２，ｍｐ３，ｍｐ４　測定点、ｃｆ　結晶面、ω１，ω２，ω３，ω４　結晶面方位、ωａ　基準方位、Δω　ずれ。

請求の範囲

[請求項1] 接着部と、前記接着部の周縁の少なくとも一部に段差部とを有する支持部材を準備する工程と、

前記段差部に緩衝材を配置する工程と、を備え、

前記接着部と前記緩衝材とは支持面を構成し、さらに、

前記支持面上に種結晶を配置するとともに、前記接着部と前記種結晶とを接着する工程と、

前記種結晶上に単結晶を成長させる工程と、を備える、炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項2] 前記支持面の平面形状は円形であり、

前記支持面の直径をd_1とするとき、前記段差部は、前記支持面の中心点を含みかつ直径が０．５d_1以上である中心領域の外側に位置する、請求項１に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項3] 前記配置する工程において、

前記緩衝材は、前記支持部材の中心軸に対して軸対称に配置される、請求項１または請求項２に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項4] 前記配置する工程において、

前記緩衝材は、前記支持部材の中心点に対して点対称に配置される、請求項１に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項5] 前記支持部材は、前記接着部を有する第１の支持部材と、前記第１の支持部材と接合する第２の支持部材とを含み、

前記第１の支持部材と前記第２の支持部材とが接合する部分の周縁の少なくとも一部に前記段差部を有する、請求項１～請求項４のいずれか１項に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項6] 前記緩衝材の厚さは、０．１ｍｍ以上２．０ｍｍ以下である、請求項１～請求項５のいずれか１項に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項7] 前記種結晶の直径は、１５０ｍｍ以上である、請求項１～請求項６のいずれか１項に記載の炭化珪素単結晶の製造方法。

[請求項8] 直径が１５０ｍｍ以上であり、

直径が５０ｍｍである中心領域と、

外周端に沿って形成され、前記外周端からの距離が１０ｍｍ以内である外周領域と、を備え、

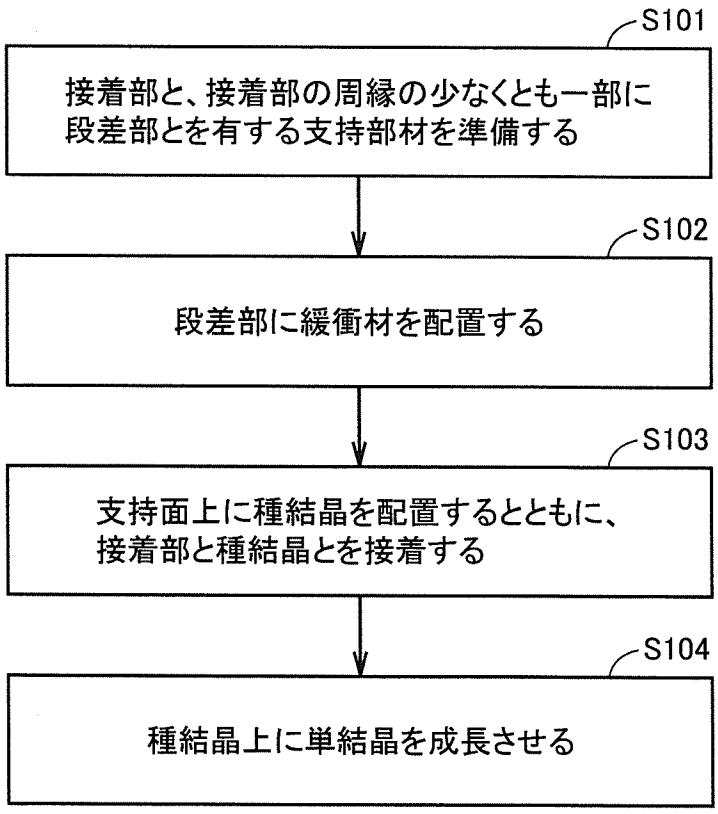
前記中心領域内の任意の３点で測定した結晶面方位を平均して基準方位としたとき、前記外周領域内の任意の点で測定される結晶面方位と前記基準方位とのずれが２００ａｒｃｓｅｃ以下である、炭化珪素基板。

[請求項9] 厚さが０．３ｍｍ以上０．４ｍｍ以下である、請求項８に記載の炭化珪素基板。

[請求項10] 前記中心領域内の任意の３点で測定した（０００４）面のＸ線ロッキングカーブの半値全幅の平均値と、前記外周領域内の任意の点で測定される（０００４）面のＸ線ロッキングカーブの半値全幅との差の絶対値が、２０ａｒｃｓｅｃ以下である、請求項８または請求項９に記載の炭化珪素基板。

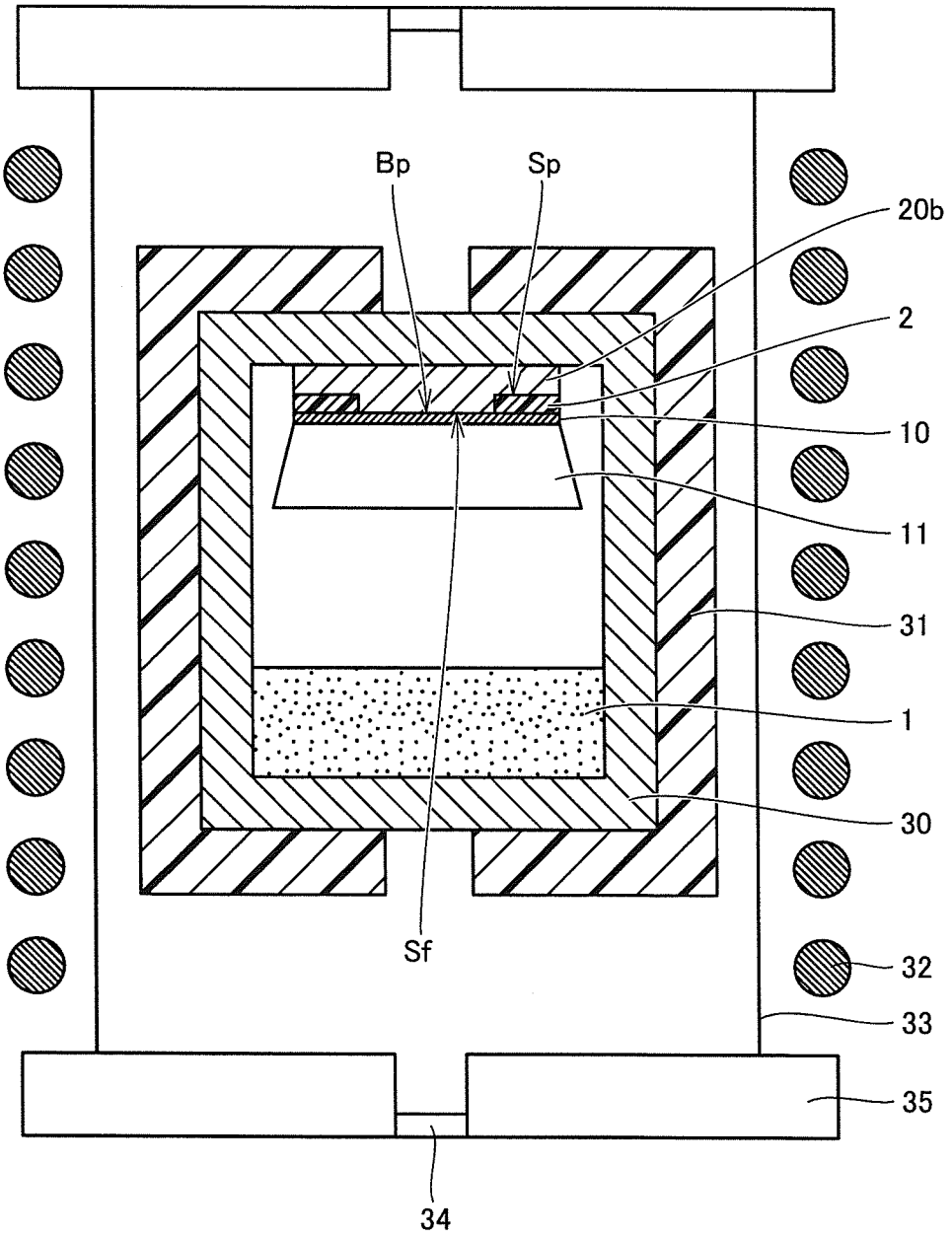
[図1]

FIG.1


S101
接着部と、接着部の周縁の少なくとも一部に段差部とを有する支持部材を準備する
S102
段差部に緩衝材を配置する
S103
支持面上に種結晶を配置するとともに、接着部と種結晶とを接着する
S104
種結晶上に単結晶を成長させる

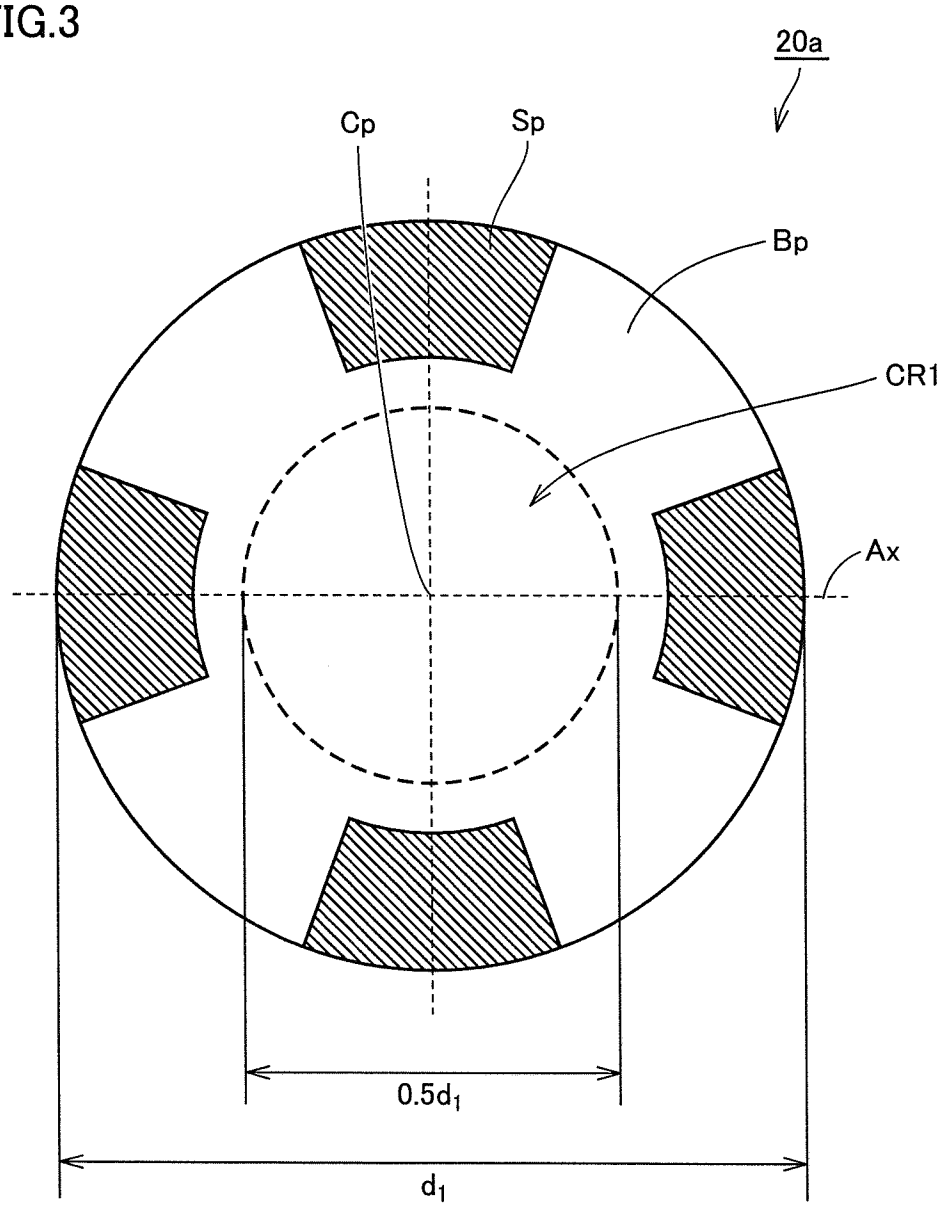
[図2]

FIG.2



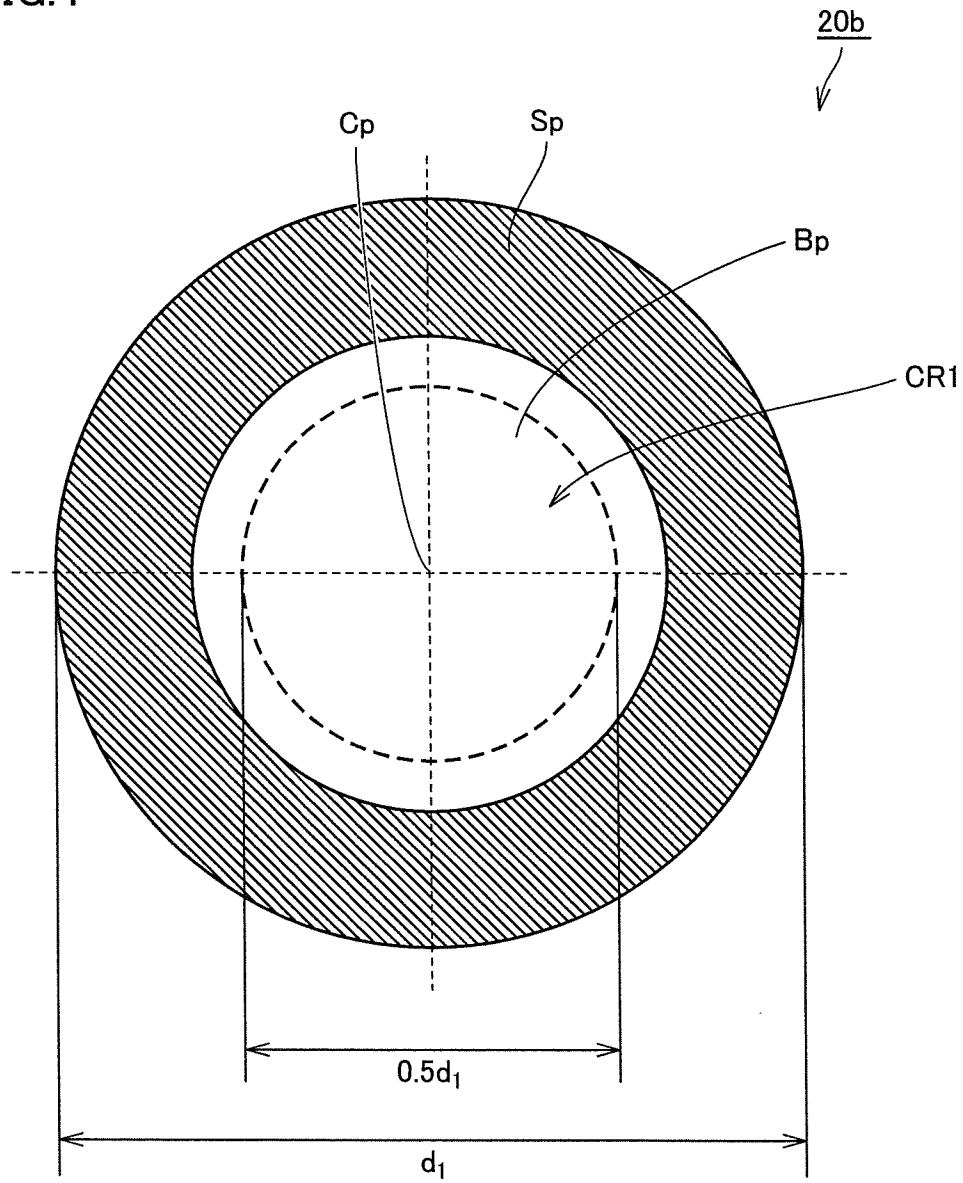
[図3]

FIG.3



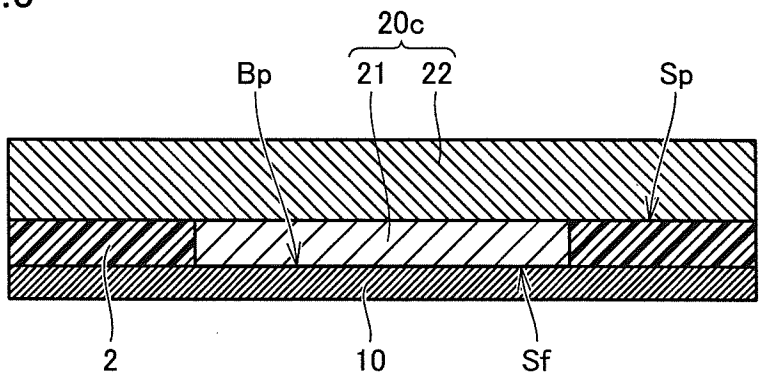
[図4]

FIG.4



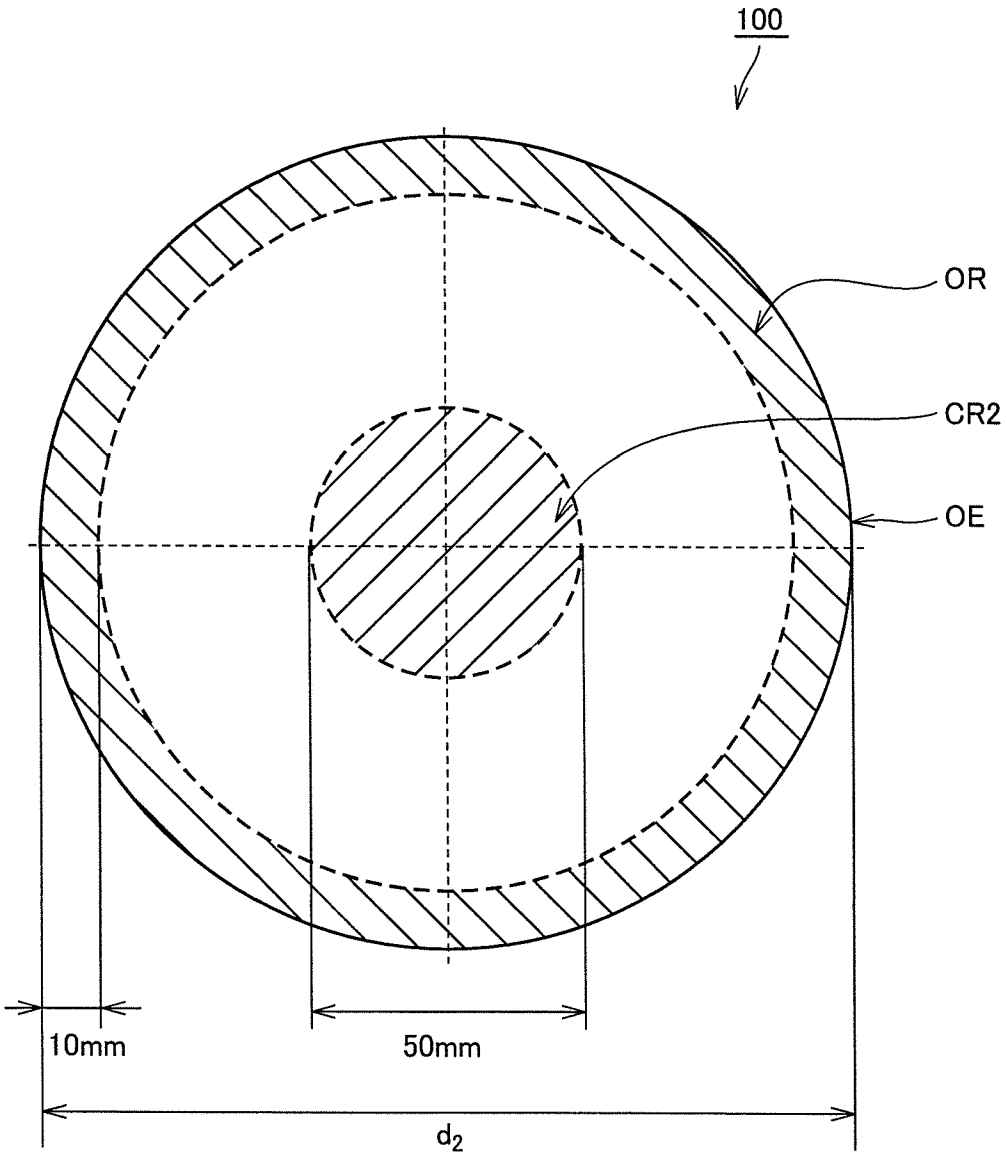
[図5]

FIG.5



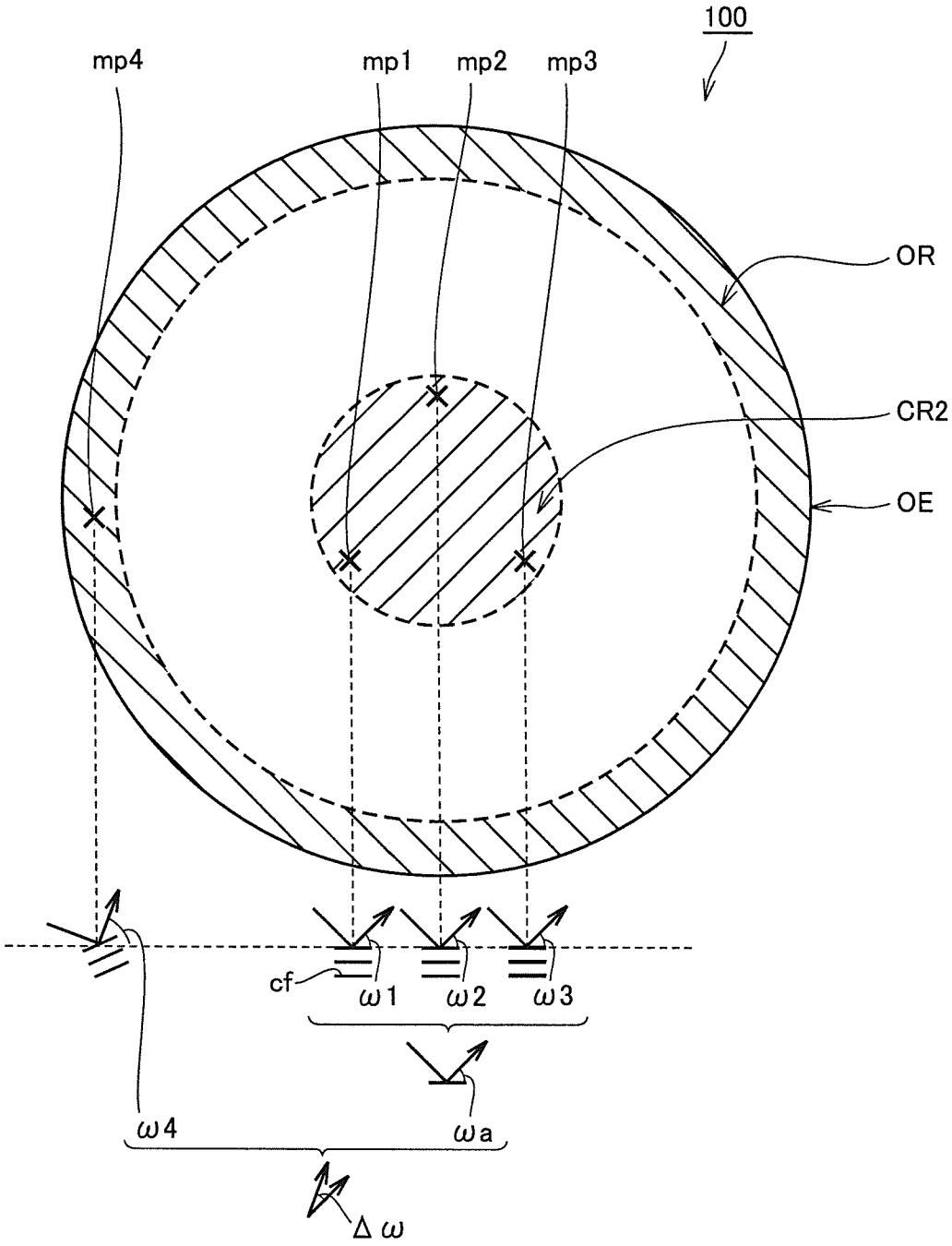
[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/068162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B29/36(2006.01)i, *C30B23/06*(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)
C30B29/36, C30B23/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2011-207691 A (Denso Corp.), 20 October 2011 (20.10.2011), claims; paragraphs [0002] to [0046]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1,3-10 2
X A	JP 2011-190129 A (Bridgestone Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), claims; paragraphs [0002] to [0050]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-5,7-10 6
X A	JP 2010-280547 A (Bridgestone Corp.), 16 December 2010 (16.12.2010), claims; paragraphs [0002] to [0038]; fig. 1 to 4 (Family: none)	8-10 1-7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
24 August 2015 (24.08.15)	08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/068162

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 2004-269297 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 30 September 2004 (30.09.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６８１６２

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, C30B23/06(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, C30B23/06

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 A	JP 2011-207691 A（株式会社デンソー）2011.10.20, 【特許請求の範囲】, 段落【０００２】－【００４６】,【図１】－【図６】（ファミリーなし）	1,3-10 2
X A	JP 2011-190129 A（株式会社ブリヂストン）2011.09.29, 【特許請求の範囲】, 段落【０００２】－【００５０】,【図１】－【図２】（ファミリーなし）	1-5,7-10 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の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２４．０８．２０１５	０８．０９．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｇ　９２７７
宮崎　園子
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
X A	JP 2010-280547 A（株式会社ブリヂストン）2010.12.16, 【特許請求の範囲】, 段落【０００２】－【００３８】,【図１】－【図４】（ファミリーなし）	8-10 1-7
A	JP 2004-269297 A（株式会社豊田中央研究所）2004.09.30, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10