(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/073333 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/080277

(22) 国際出願日: 2016 年 10 月 12 日(12.10.2016)

(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 2015-210672 2015 年 10 月 27 日(27.10.2015) 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: 梶　直樹 (KAJI, Naoki); 〒 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). 上田　俊策 (UETA, Shunsaku); 〒 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). 堀　勉 (HORI, Tsutomu); 〒 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). 原田　真 (HARADA, Shin); 〒 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: 伊東　忠重, 外 (ITOH, Tadashige et al.); 〒 1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号　丸の内　ＭＹ　ＰＬＡＺＡ　（明治安田生命ビル）　１６階 Tokyo (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, JP, KE, KG, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

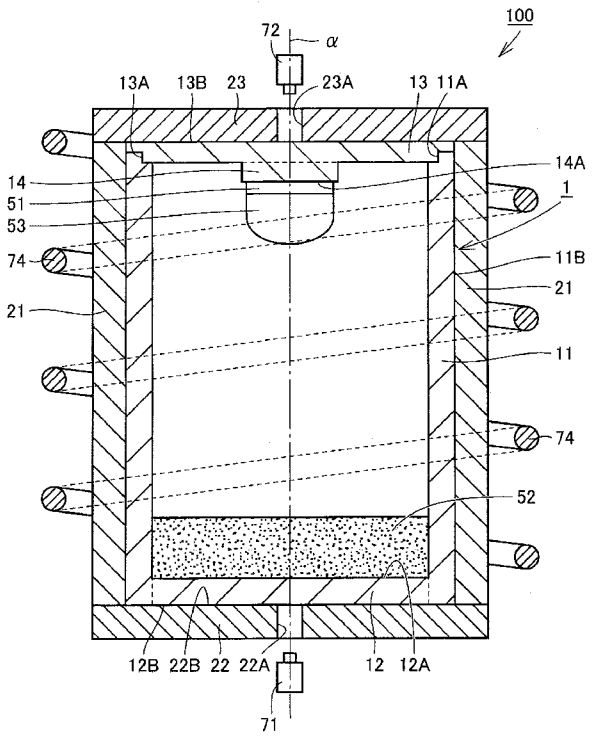
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) **Title**: SILICON CARBIDE BASE PLATE

(54) 発明の名称 : 炭化珪素基板

[図5]



(57) **Abstract**: For this silicon carbide base plate in which the majority carrier density is 1×10^{17} cm^{-3} or greater, the standard deviation of the life span for minority carriers, as obtained by μ-PCD analysis, is 0.7 ns or less in a region that excludes the region within a distance of 5 mm from the outer periphery of the main surface.

(57) 要約: 多数キャリアの密度が１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以上である炭化珪素基板は、μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である。

WO 2017/073333 A1

ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 炭化珪素基板

技術分野

[0001] 本発明は炭化珪素基板に関するものである。

[0002] 本出願は、2015年10月27日出願の日本出願第2015 -210672号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0003] 炭化珪素基板の製造において、熱間静水圧加圧処理を実施することで欠陥および歪みを低減する技術が提案されている（たとえば、特許文献１参照）。炭化珪素基板の欠陥および歪みを低減することができれば、半導体装置の製造における歩留りが向上するものと考えられる。また、特許文献１には、μ－ＰＣＤ（Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ　Ｐｈｏｔｏ　Ｃｏｎｄｕｃｔｉｖｉｔｙ　Ｄｅｃａｙ）による径方向のキャリアの寿命の差の減少から、炭化珪素基板の歪みが改善していると判断できることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－２５６１５９号公報

発明の概要

[0005] 本開示の実施例による炭化珪素基板は、多数キャリアの密度が１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以上である炭化珪素基板である。μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図１は、基板の構造を示す概略断面図である。

[図2]図２は、μ－ＰＣＤによる分析方法を説明するための基板の概略平面図である。

[図3]図３は、炭化珪素基板の概略的な製造方法を示すフローチャートである。

[図4]図４は、炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略断面図である。

[図5]図５は、炭化珪素基板の製造方法を説明するための概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0007] シリコン基板に比べて高価な炭化珪素基板を用いた半導体装置の製造においては、歩留りの向上が重要である。そこで、半導体装置の製造における歩留りを向上させることが可能な炭化珪素基板を提供することを本開示の目的の１つとする。

[0008] ［実施形態の説明］

最初に本願開示の技術の実施態様を列記して説明する。本願の炭化珪素基板は、多数キャリアの密度が１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以上である炭化珪素基板である。この炭化珪素基板は、μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である。

[0009] 本発明者らは、ＳＢＤ（Ｓｃｈｏｔｔｋｙ Ｂａｒｒｉｅｒ Ｄｉｏｄｅ）、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）などの半導体装置の製造に使用可能な、多数キャリアの密度が１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以上である炭化珪素基板を用いた半導体装置の製造における歩留りの向上策について検討を行った。その結果、μ－ＰＣＤ分析により得られる、基板の主面における少数キャリアの寿命の標準偏差を低減することにより、半導体装置のオン抵抗のばらつきが低減できることを見出した。より具体的には、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿命の標準偏差を０．７ｎｓ以下とすることにより、半導体装置のオン抵抗のばらつきを有効に低減することができる。

[0010] 本願の炭化珪素基板においては、μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿

命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である。そのため、炭化珪素基板を用いて製造される半導体装置のオン抵抗のばらつきを有効に低減することができる。その結果、本願の炭化珪素基板によれば、半導体装置の製造における歩留りを向上させることができる。

[0011] 上記炭化珪素基板において、上記標準偏差が０．４ｎｓ以下であってもよい。このようにすることにより、半導体装置の製造における歩留りを一層向上させることができる。

[0012] 上記炭化珪素基板において、直径が１００ｍｍ以上であってもよい。基板の直径を大きくすることにより、半導体装置の製造効率を向上させることができる。

[0013] 上記炭化珪素基板において、直径が１５０ｍｍ以上であってもよい。基板の直径を大きくすることにより、半導体装置の製造効率を向上させることができる。

[0014] 上記炭化珪素基板において、少数キャリアの寿命の平均値が１μｓ以下であってもよい。少数キャリア寿命の平均値を小さくすることにより、半導体装置に形成されるボディダイオード（ソース－ドレイン間の内蔵ダイオードであり寄生ダイオードとも呼ばれる）の順方向劣化を抑制することができる。

[0015] 上記炭化珪素基板において、少数キャリアの寿命の平均値が１００ｎｓ以下であってもよい。少数キャリア寿命の平均値を小さくすることにより、半導体装置に形成されるボディダイオードの順方向劣化を抑制することができる。

[0016] 上記炭化珪素基板において、少数キャリアの寿命の平均値が５０ｎｓ以下であってもよい。少数キャリア寿命の平均値を小さくすることにより、半導体装置に形成されるボディダイオードの順方向劣化を抑制することができる。

[0017] 上記炭化珪素基板は、カーボンインクルージョンを含まない炭化珪素基板であってもよい。単結晶中に混入したμｍオーダーの炭素の塊りであるカー

ボンインクルージョンを含まないことで、結晶品質を向上させることができる。

[0018] ［実施形態の詳細］

次に、本願開示の技術にかかる炭化珪素基板の一実施の形態の一例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付しその説明は繰返さない。

[0019] 図１を参照して、本実施の形態における炭化珪素基板９は、主面９１を含む。炭化珪素基板９は、たとえば４Ｈの結晶構造を有する単結晶炭化珪素から構成される。炭化珪素基板９を構成する炭化珪素の｛０００１｝結晶面に対する主面９１のオフ角は、たとえば４°以下である。すなわち、主面９１と｛０００１｝面とのなす角は４°以下である。

[0020] 図１および図２を参照して、炭化珪素基板９は円盤状の形状を有する。炭化珪素基板９の直径は、たとえば１００ｍｍ以上であり、１５０ｍｍ以上であってもよい。炭化珪素基板９がより大きな直径を有することにより、炭化珪素基板９を用いた半導体装置（ＳＢＤ、ＭＯＳＦＥＴなど）の製造を効率よく実施することができる。炭化珪素基板９の厚みは、３００μｍ以上とすることができる。炭化珪素基板９の厚みは、６００μｍ以下とすることができる。

[0021] 炭化珪素基板９は、多数キャリアであるｎ型キャリア（電子）を生成するｎ型不純物としてＮ（窒素）を含む。ｎ型不純物であるＮを含むことにより、炭化珪素基板９の多数キャリアの密度は$1\times10^{17}cm^{-3}$以上となっている。多数キャリアの密度が$1\times10^{17}cm^{-3}$以上であることにより、炭化珪素基板９は、ＳＢＤ、ＭＯＳＦＥＴなどの製造に適したものとなっている。

[0022] 図２を参照して、μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面９１の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域である外周領域９２を除いた領域（中心を含む領域である中央領域９３）における少数キャリアの寿命の標準偏差は、０．７ｎｓ以下である。μ－ＰＣＤ分析は、たとえば以下のように実施することができる。

[0023] 図２を参照して、中央領域９３内に一定のピッチｄで配置された測定点９９における少数キャリアの寿命を測定する。ピッチｄは、たとえば２ｍｍとすることができる。測定点９９の位置において炭化珪素基板９に照射されるレーザのスポット径は、たとえば２ｍｍとすることができる。レーザの波長は、たとえば３４９ｎｍ程度とすることができる。炭化珪素基板９にレーザを照射することにより励起されて生成した少数キャリアに対応する信号の強度が、ピーク値の１／ｅとなるまでの時間を少数キャリアの寿命とする。ここで、ｅはネイピア数である。そして、各測定点９９について得られた少数キャリアの寿命を統計処理し、標準偏差を算出する。このようにして得られる少数キャリアの寿命の標準偏差が、本実施の形態の炭化珪素基板９においては０．７ｎｓ以下となる。また、このようにして得られる少数キャリアの寿命の平均値は、本実施の形態の炭化珪素基板９においては、たとえば１μｓ以下となる。

[0024] 少数キャリア寿命の平均値は、より好ましくは１００ｎｓ以下でもよく、更に好ましくは５０ｎｓ以下でもよい。少数キャリア寿命の平均値が小さくなると、半導体装置に形成されるボディダイオードの順方向劣化が抑制される。

[0025] 炭化珪素基板９においては、μ－ＰＣＤ分析により得られる中央領域９３における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である。そのため、炭化珪素基板９を用いて製造される半導体装置のオン抵抗のばらつきを有効に低減することができる。その結果、炭化珪素基板９は、半導体装置の製造における歩留りを向上させることが可能な炭化珪素基板となっている。

[0026] 炭化珪素基板９において、上記標準偏差は０．４ｎｓ以下であることが好ましい。これにより、半導体装置の製造における歩留りを一層向上させることができる。

[0027] 次に、本実施の形態における炭化珪素基板９の製造方法の一例について、図３～図５を参照して説明する。本実施の形態の炭化珪素基板９の製造方法では、図４に示す単結晶の製造装置１００を用いて炭化珪素の単結晶が作製

される。図４を参照して、単結晶の製造装置１００は、坩堝１と、断熱部材２１，２２，２３と、放射温度計７１，７２と、誘導加熱コイル７４とを備えている。

[0028] 坩堝１は、誘導加熱により加熱可能な材料、たとえばグラファイトからなっている。坩堝１は、筒状の形状を有する周壁部１１と、周壁部１１に接続され、周壁部１１の一方の開口を閉塞する底壁部１２と、周壁部１１に接続され、周壁部１１の他方の開口を閉塞し、種結晶５１を保持するための保持部１４を有する蓋部１３とを含む。本実施の形態において、周壁部１１は、中空円筒状の形状を有している。底壁部１２は、円盤状の形状を有している。周壁部１１と底壁部１２とは、一体に形成されている。

[0029] 蓋部１３は、周壁部１１に対して着脱自在となっている。蓋部１３の外周に形成された蓋部結合面１３Ａと周壁部１１の内周に形成された周壁部結合面１１Ａとが接触することにより、蓋部１３は周壁部１１に対して固定される。蓋部結合面１３Ａおよび周壁部結合面１１Ａには、たとえばらせん状のねじ溝が形成されていてもよい。蓋部１３の一方の主面には、当該主面の中央部から突出する保持部１４が形成されている。蓋部１３を周壁部１１に取り付けた状態において、保持部１４は、中央軸αを含むように位置する。中央軸αは、周壁部１１の中心軸に一致する。保持部１４の先端には、種結晶を保持する保持面１４Ａが形成されている。

[0030] 断熱部材２１，２２，２３は、たとえば成形断熱材からなっている。断熱部材２１，２２，２３は、たとえばフェルト状の構造を有し、炭素を主成分とする繊維から構成される。断熱部材２２は、円盤状の形状を有している。断熱部材２２の接触面２２Ｂに底壁部１２の外面１２Ｂが接触するように、坩堝１が断熱部材２２上に配置される。断熱部材２１は、中空円筒状の形状を有している。断熱部材２１は、坩堝１の周壁部１１の外面１１Ｂを全域にわたって覆うように配置される。断熱部材２３は、坩堝１の蓋部１３の外面１３Ｂを覆うように蓋部１３の外面１３Ｂ上に配置される。坩堝１は、断熱部材２１，２２，２３によって取り囲まれる。

[0031] 断熱部材２２において中央軸αを含む領域には、断熱部材２２を厚み方向に貫通する貫通孔２２Ａが形成されている。この貫通孔２２Ａを通して坩堝１の底壁部１２と向かい合うように、放射温度計７１が配置される。放射温度計７１により、底壁部１２の温度が測定され、原料粉末５２の温度が測定される。断熱部材２３において中央軸αを含む領域には、断熱部材２３を厚み方向に貫通する貫通孔２３Ａが形成されている。この貫通孔２３Ａを通して坩堝１の蓋部１３と向かい合うように、放射温度計７２が配置される。放射温度計７２により、蓋部１３の温度が測定され、種結晶５１の温度が測定される。

[0032] 誘導加熱コイル７４は、断熱部材２１に覆われた坩堝１の周壁部１１の外面１１Ｂ側をらせん状に取り囲むように配置される。誘導加熱コイル７４は、電源（図示しない）に接続される。誘導加熱コイル７４に取り囲まれた領域内に、断熱部材２１，２２，２３に覆われた坩堝１が配置される。

[0033] 次に、炭化珪素基板の具体的な製造手順について説明する。図３を参照して、本実施の形態における炭化珪素基板の製造方法では、まず工程（Ｓ１０）として原料粉末配置工程が実施される。この工程（Ｓ１０）では、図４を参照して、坩堝１の底壁部１２の内面１２Ａ上に接触するように原料粉末５２が配置される。具体的には、蓋部１３を取り外した状態で、坩堝１内に原料粉末５２を配置する。本実施の形態では、原料粉末５２として、炭化珪素粉末に炭素粉末を添加した混合粉末を採用する。

[0034] 次に、工程（Ｓ２０）として種結晶配置工程が実施される。この工程（Ｓ２０）では、保持部１４に種結晶５１が配置される。種結晶５１は、４Ｈの結晶構造を有する炭化珪素からなる。具体的には、たとえば周壁部１１から取り外された蓋部１３の保持部１４に、種結晶５１を貼り付ける。種結晶５１は、保持部１４の保持面１４Ａに貼り付けられる。保持面１４Ａは、円形形状を有する。種結晶５１は、円盤状の形状を有する。種結晶５１の円形の主面が保持面１４Ａに貼り付けられる。種結晶５１の成長面５１Ａは底壁部１２側を向いている。本実施の形態において、保持面１４Ａの直径は、種結

晶５１の直径に比べて２％以上大きい。種結晶５１は、平面的に見て保持面１４Ａの外周に取り囲まれた領域内に配置される。即ち種結晶５１の全外周は保持面１４Ａの外周よりも内側に存在する。種結晶５１の円盤形状の中心と保持面１４Ａの円形形状の中心とは一致してよい。

[0035] 次に、蓋部１３を周壁部１１に取り付ける。これにより、種結晶５１は、中央軸αと交差する領域に配置される。上記工程（Ｓ１０）～（Ｓ２０）により、坩堝１内に原料粉末５２および種結晶５１が配置される。

[0036] 次に、工程（Ｓ３０）として昇華－再結晶工程が実施される。この工程（Ｓ３０）では、原料粉末５２を昇華させて種結晶５１上に再結晶させることにより、種結晶５１上に単結晶５３を成長させる。具体的には、たとえば原料粉末５２および種結晶５１が内部に配置された坩堝１を断熱部材２１，２２，２３により覆う。さらに、断熱部材２１，２２，２３により覆われた坩堝１を、図４に示すように誘導加熱コイル７４に取り囲まれた領域に配置する。そして、誘導加熱コイル７４に高周波電流を流すと、坩堝１が誘導加熱により加熱される。

[0037] このとき、原料粉末５２の温度が種結晶５１の温度に比べて高くなるように誘導加熱が実施される。その結果、成長方向である中央軸αに沿って種結晶５１側が低く、原料粉末５２側が高い温度勾配が形成される。坩堝１内は、アルゴンなどの不活性ガス雰囲気とされる。また、本実施の形態では、坩堝１内に窒素ガスが導入される。

[0038] これにより、原料粉末５２が昇華し、気体状態の炭化珪素である原料気体が生成する。この原料気体は、種結晶５１上に供給される。その結果、図５に示すように、種結晶５１上で原料気体が再結晶し、種結晶５１上に４Ｈの結晶構造を有する炭化珪素の単結晶５３が成長する。単結晶５３内には、窒素が取り込まれる。

[0039] そして、この状態が維持されることにより、単結晶５３は中央軸αに沿った方向に成長する。そして、予め設定された加熱時間が経過することにより加熱が終了し、工程（Ｓ３０）が完了する。

[0040] 次に、工程（Ｓ４０）としてスライス工程が実施される。この工程（Ｓ４０）では、工程（Ｓ３０）において坩堝１内に成長した単結晶５３が坩堝１から取り出され、スライスされる。具体的には、工程（Ｓ３０）における加熱終了後、誘導加熱コイル７４に取り囲まれた領域から坩堝１が取り出される。その後、坩堝１の蓋部１３が取り外される。そして、蓋部１３から単結晶５３が採取される。採取された単結晶５３は、｛０００１｝面に対する角度が４°以下となる主面を形成するようにスライスされる。その結果、主面９１（但し平坦化されていない主面）を有する炭化珪素基板９が得られる（図１参照）。

[0041] 次に、工程（Ｓ５０）として表面平坦化工程が実施される。この工程（Ｓ５０）では、工程（Ｓ４０）において得られた炭化珪素基板９の主面９１が平坦化される。具体的には、主面９１に対し、ＭＰ（Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ）、ＣＭＰ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ）などの研磨が実施される。その後、洗浄等が実施されることにより、図１に示される本実施の形態の炭化珪素基板９が得られる。

[0042] 本実施の形態の炭化珪素基板の製造方法においては、上述のように工程（Ｓ１０）において原料粉末５２として、炭化珪素粉末に炭素粉末が添加された混合粉末が採用される。また、保持部１４の保持面１４Ａの直径は、種結晶５１の直径に比べて２％以上大きい。その結果、μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面９１の中央領域９３における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である炭化珪素基板９を製造することができる。

[0043] なお、炭化珪素基板におけるキャリア寿命が短い場合には、十分な伝導度変調が起きず、オン抵抗の低いバイポーラ半導体装置が得られない。キャリア寿命を長くするためには、ライフタイムキラーである結晶欠陥の起源となる炭素空孔を低減させればよい。炭化珪素の単結晶５３中における炭素空孔を低減するためには、シリコンに対する炭素の比率を増加させることが効果的である。従って、原料粉末５２として、炭化珪素粉末に炭素粉末を含める

ことは、炭素空孔の低減のためにも好ましい。

[0044] しかしながら炭素粉末を用いる場合、炭素粉末の粉塵に起因して欠陥が発生する虞がある。具体的には、単結晶５３の成長中に炭素の粉塵が飛散することにより、単結晶５３中にカーボンインクルージョンなどの欠陥が発生する虞がある。カーボンインクルージョンとは、単結晶中に混入したμｍオーダーの炭素の塊りである。カーボンインクルージョンは積層欠陥、転位、異種ポリタイプの原因にもなり得る。

[0045] そこで、炭素粉末の飛散を防止するために、炭化珪素粉末の下に、炭化珪素粉末に覆われるように炭素粉末を配置してもよい。即ち、図４に示される単結晶の製造装置１００において、坩堝１の底壁部１２の内面１２Ａ上にまず最初に炭素粉末を配置し、その後炭素粉末を覆うように炭素粉末上に炭化珪素粉末を配置してよい。これにより、下層が炭素粉末であり上層が炭化珪素粉末である２層構造を有するように原料粉末５２を配置してよい。このような配置により、炭素粉末が炭化珪素粉末に覆い隠され、坩堝１の内部空間に炭素粉末が露出しない状態となる。坩堝１の内部空間に炭素粉末が露出しない状態で単結晶５３を成長させることにより、カーボンインインクルージョンが含まれない単結晶５３を製造できる。つまり、カーボンインクルージョンを含まない炭化珪素基板９を製造できる。炭素粉末の飛散を抑制する他の方法としては、炭素粉末の平均粒径（Ｄ５０）を炭化珪素粉末の平均粒径（Ｄ５０）の２倍以上とすることが挙げられる。なお平均粒径（Ｄ５０）はレーザ回折式粒度分布測定装置で測定することができる。

[0046] 炭化珪素粉末に対する炭素粉末の比率は、重量比で例えば５％以下としてよい。なお炭素粉末の比率を５％よりも大きくしても、炭素空孔を低減する効果の増加分は小さく、その一方、炭素に起因する欠陥が増加する虞がある。

[0047] 本開示の炭化珪素基板によれば、半導体装置の製造における歩留りを向上させることができる。

[0048] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、どのような面か

らも制限的なものではないと理解されるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなく、請求の範囲によって規定され、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

[0049] １　坩堝

１１　周壁部

１１Ａ　周壁部結合面

１１Ｂ　外面

１２　底壁部

１２Ａ　内面

１２Ｂ　外面

１３　蓋部

１３Ａ　蓋部結合面

１３Ｂ　外面

１４　保持部

１４Ａ　保持面

２１，２２，２３　断熱部材

２２Ａ，２３Ａ　貫通孔

２２Ｂ　接触面

５１　種結晶

５１Ａ　成長面

５２　原料粉末

５３　単結晶

７１，７２　放射温度計

７４　誘導加熱コイル

９　炭化珪素基板

９１　主面

９２　外周領域

９３　中央領域

９９　測定点

１００　単結晶の製造装置

α　中央軸

請求の範囲

[請求項1] 多数キャリアの密度が１×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以上である炭化珪素基板であって、

μ－ＰＣＤ分析により得られる、主面の外周からの距離が５ｍｍ以内の領域を除いた領域における少数キャリアの寿命の標準偏差が０．７ｎｓ以下である、炭化珪素基板。

[請求項2] 前記標準偏差が０．４ｎｓ以下である、請求項１に記載の炭化珪素基板。

[請求項3] 直径が１００ｍｍ以上である、請求項１または２に記載の炭化珪素基板。

[請求項4] 直径が１５０ｍｍ以上である、請求項１または２に記載の炭化珪素基板。

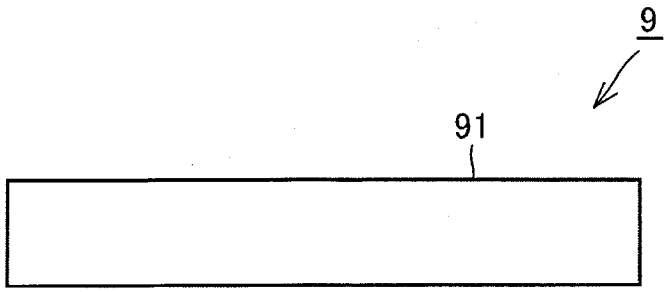
[請求項5] 前記少数キャリアの寿命の平均値が１μｓ以下である、請求項１～請求項４のいずれか一項に記載の炭化珪素基板。

[請求項6] 前記少数キャリアの寿命の平均値が１００ｎｓ以下である、請求項１～請求項４のいずれか一項に記載の炭化珪素基板。

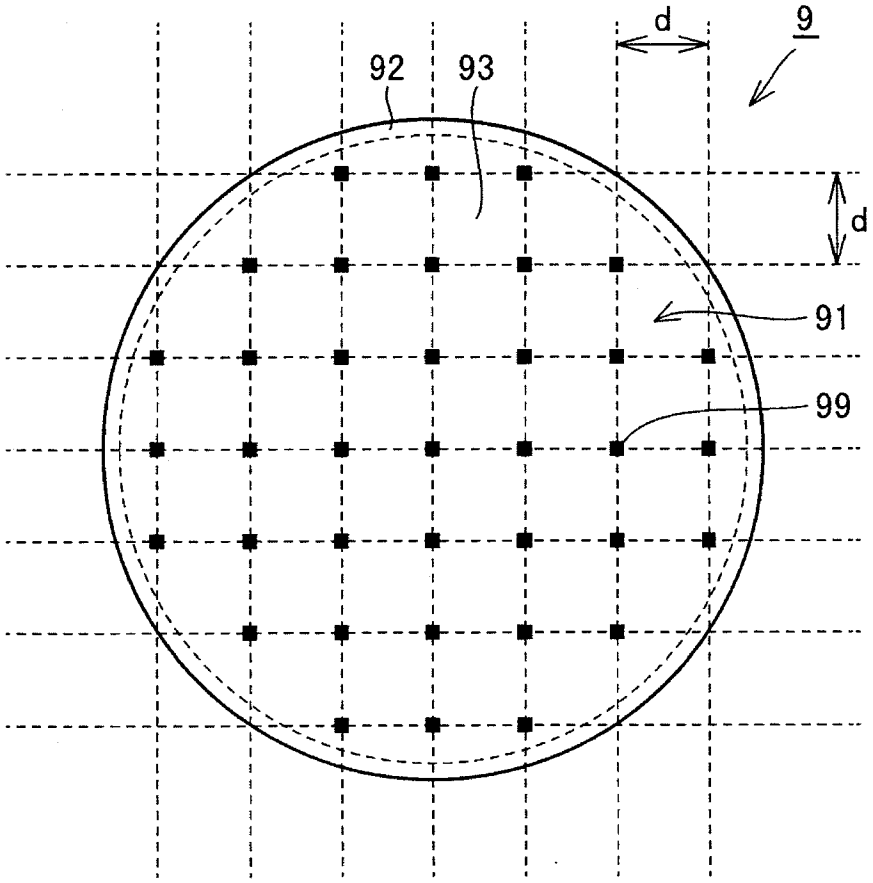
[請求項7] 前記少数キャリアの寿命の平均値が５０ｎｓ以下である、請求項１～請求項４のいずれか一項に記載の炭化珪素基板。

[請求項8] カーボンインクルージョンを含まない、請求項１～請求項７のいずれか一項に記載の炭化珪素基板。

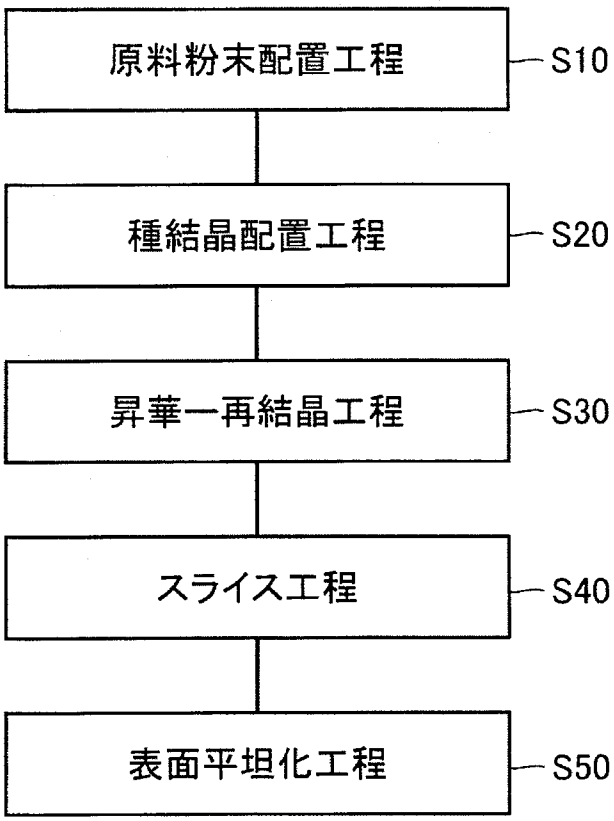
[図1]



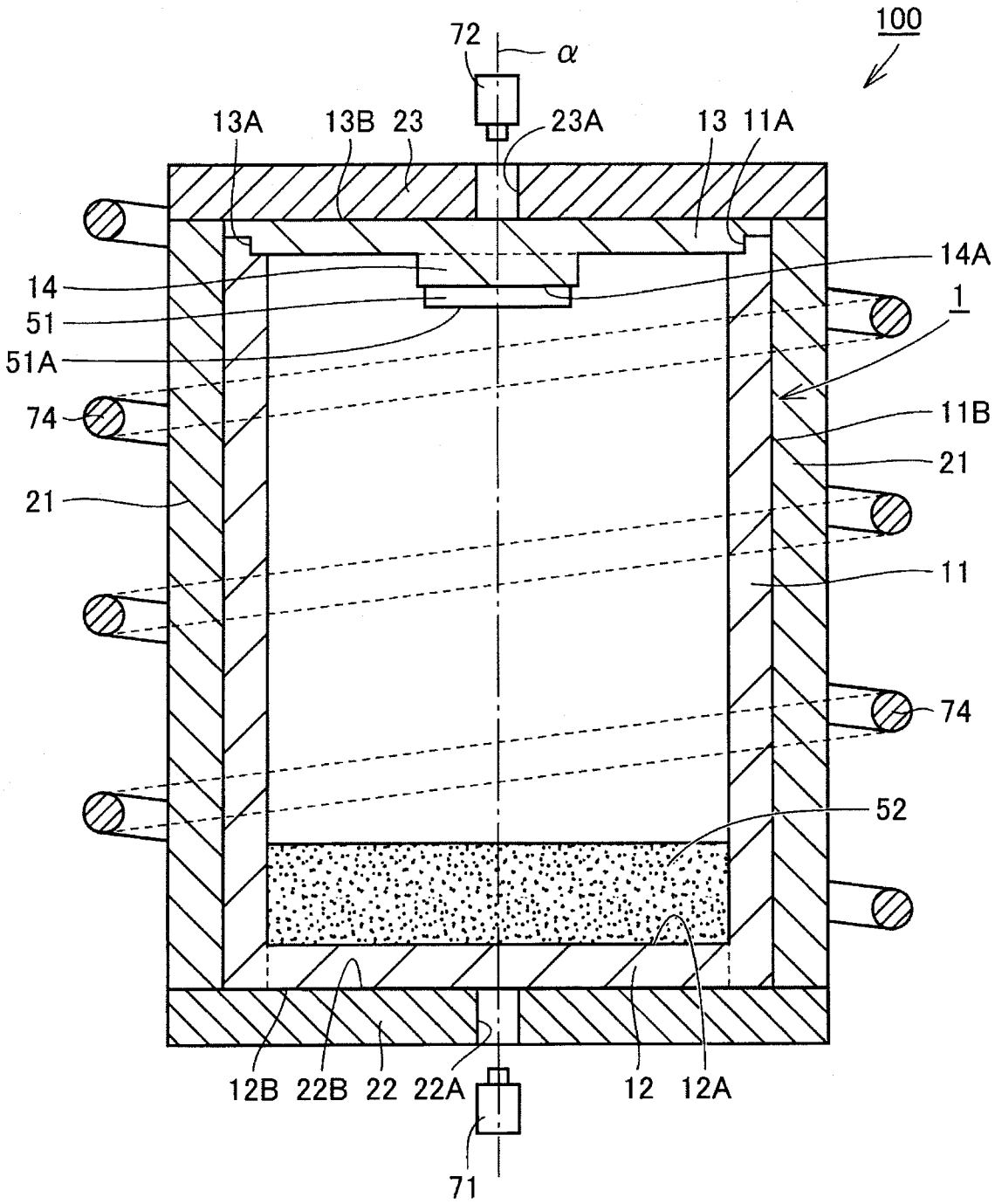
[図2]



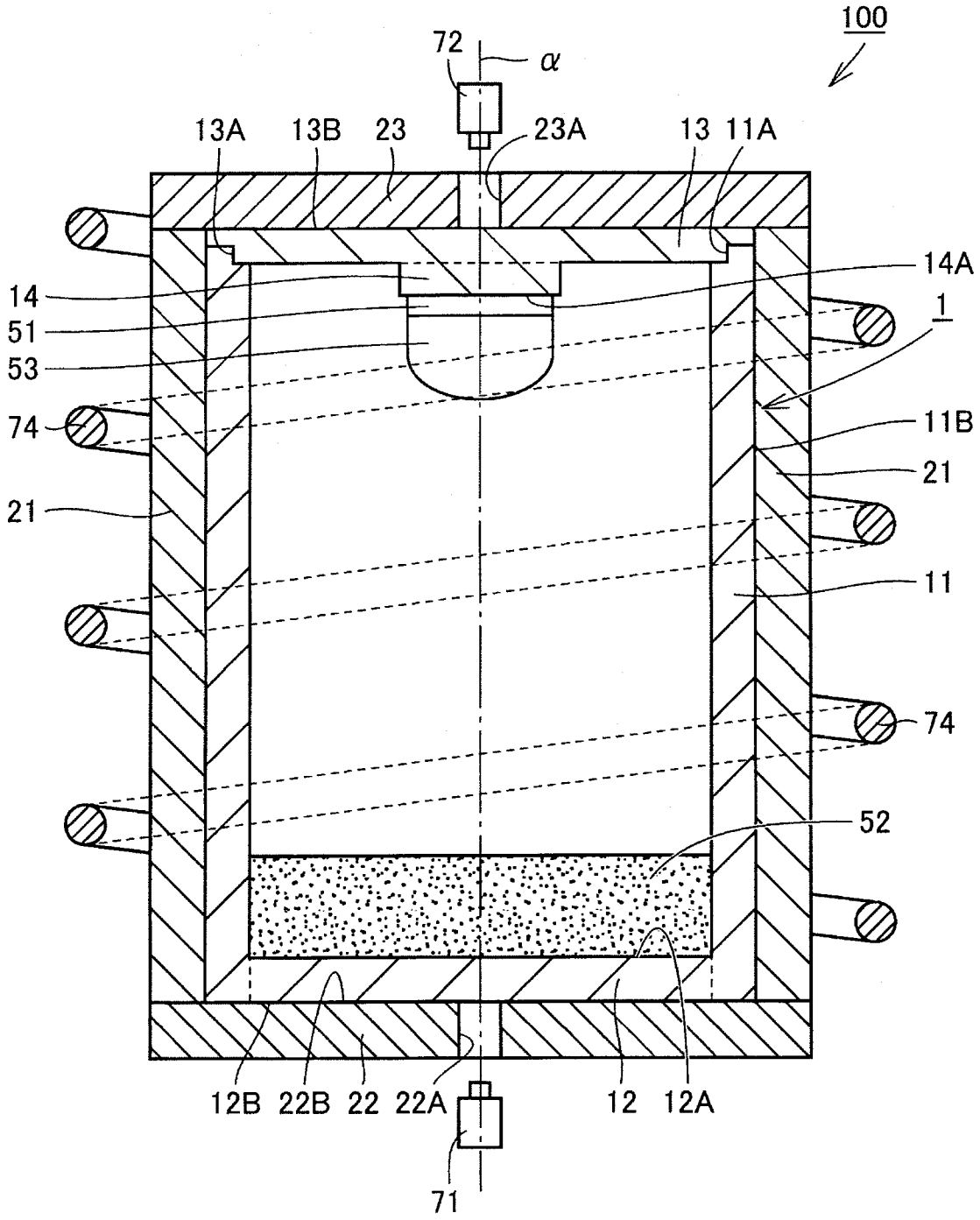
[図3]


原料粉末配置工程
S10
種結晶配置工程
S20
昇華一再結晶工程
S30
スライス工程
S40
表面平坦化工程
S50

[図4]


100
72
α
13A
13B
23
23A
13
11A
14A
14
1
51
51A
74
11B
21
21
11
74
52
12B
22B
22
22A
12
12A
71

[図5]


100
72
α
13A
13B
23
23A
13
11A
14A
14
1
51
53
74
11B
21
21
11
74
52
12B
22B
22
22A
12
12A
71

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/080277

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B29/36(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

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 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JST7580(JDreamIII), Science Direct

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-521378 A (Dow Corning Corp.), 27 July 2015 (27.07.2015), paragraph [0054] & US 2014/0070234 A1 paragraph [0062] & WO 2014/043104 A1 & EP 2812910 A1 & KR 10-2014-0124020 A & CN 104246979 A	1-8
A	JP 2008-525298 A (Cree Inc.), 17 July 2008 (17.07.2008), paragraphs [0035] to [0038]; fig. 1A, 1B & US 2006/0130742 A1 paragraphs [0043] to [0046]; fig. 1A, 1B & WO 2006/071326 A1 & EP 1828445 A1	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
28 November 2016 (28.11.16)	06 December 2016 (06.12.16)
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/JP2016/080277

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 2009-256159 A (Incubation Alliance Inc.), 05 November 2009 (05.11.2009), paragraphs [0019] to [0024] & WO 2009/128224 A1	1-8
A	JP 2013-103848 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 May 2013 (30.05.2013), paragraphs [0015] to [0020]; fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2002-520251 A (Siemens AG.), 09 July 2002 (09.07.2002), paragraphs [0010] to [0016]; fig. 1 & US 2001/0015169 A1 paragraphs [0012] to [0016]; fig. 1 & WO 2000/004211 A1 & EP 1105555 A1 & CN 1309729 A	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８０２７７

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

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

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII), Science Direct

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 2015-521378 A (ダウ　コーニング　コーポレーション) 2015.07.27, 段落 0054 & US 2014/0070234 A1, par. 0062 & WO 2014/043104 A1 & EP 2812910 A1 & KR 10-2014-0124020 A & CN 104246979 A	1-8
A	JP 2008-525298 A (クリー　インコーポレイテッド) 2008.07.17, 段落 0035-0038, 図 1A, 1B & US 2006/0130742 A1, pars. 0043-0046, figs. 1A, 1B & WO 2006/071326 A1 & EP 1828445 A1	1-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２８．１１．２０１６	０６．１２．２０１６

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　５７９５
山田　頼通
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 2009-256159 A (株式会社インキュベーション・アライアンス) 2009.11.05, 段落 0019-0024 & WO 2009/128224 A1	1-8
A	JP 2013-103848 A (三菱電機株式会社) 2013.05.30, 段落 0015-0020, 図 1 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-520251 A (シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト) 2002.07.09, 段落 0010-0016, 図 1 & US 2001/0015169 A1, pars. 0012-0016, fig. 1 & WO 2000/004211 A1 & EP 1105555 A1 & CN 1309729 A	1-8