

(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
2019年4月4日(04.04.2019)



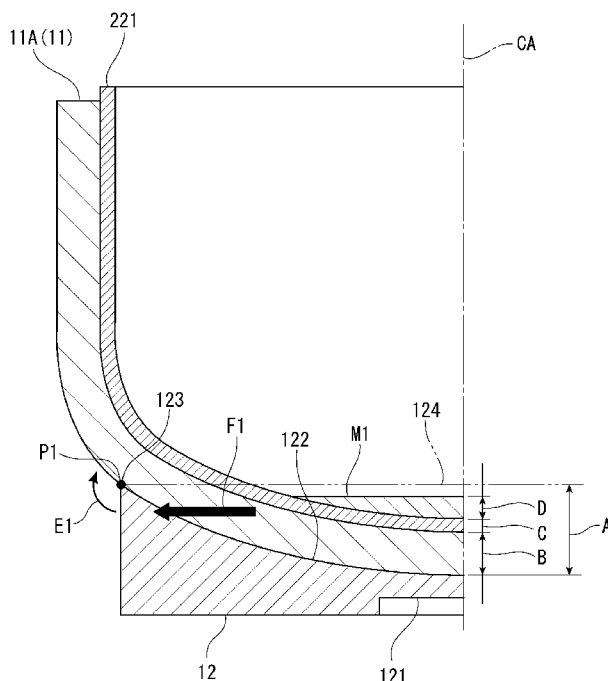
(10) 国際公開番号

WO 2019/064697 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 29/06 (2006.01) C30B 15/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/021026
- (22) 国際出願日: 2018年5月31日(31.05.2018)
- (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 2017-191553 2017年9月29日(29.09.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社SUMCO (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宗実 賢二 (MUNEZANE Kenji); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人樹之下知的財産事務所 (KINOSHITA & ASSOCIATES); 〒1670051 東京都杉並区荻窪五丁目26番13号3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, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CRUCIBLE-SUPPORTING PEDESTAL, QUARTZ CRUCIBLE-SUPPORTING DEVICE, AND METHOD FOR PRODUCING SILICON SINGLE CRYSTAL

(54) 発明の名称: 坩堝支持台座、石英坩堝支持装置およびシリコン単結晶の製造方法



(57) Abstract: A crucible supporting pedestal (12) is provided with a recessed fitting portion (122) to which a dividable graphite member (11) can fit, and is so configured that: an opening edge (123) of the recessed fitting portion (122) is arranged at such a position that a contacting portion (P1) of the recessed fitting portion (122) which contacts with the dividable graphite member (11) can become higher than the surface of a solidified product (M1) of a silicon melt which is left in a quartz crucible (221) after a silicon single crystal is grown; and a force acting on the dividable graphite member (11) in association with the expansion of the silicon melt during the solidification of the silicon melt can act on a lower position than the contacting portion (P1).

(57) 要約: 坩堝支持台座(12)は、分割黒鉛部材(11)が嵌合可能な嵌合凹部(122)を備え、嵌合凹部(122)の開口縁(123)は、分割黒鉛部材(11)との接触部(P1)が、シリコン単結晶の育成後に石英坩堝(221)に残っているシリコン融液の固化物(M1)の表面よりも高くなる位置に設けられ、シリコン融液の固化時の膨張に伴い分割黒鉛部材(11)に作用する力が、接触部(P1)よりも低い位置に作用するように構成されている。

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：

坩堝支持台座、石英坩堝支持装置およびシリコン単結晶の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、坩堝支持台座、石英坩堝支持装置およびシリコン単結晶の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、チョクラルスキー法によるシリコン単結晶の製造に用いられ、石英坩堝を支持する石英坩堝支持装置が知られている（例えば、特許文献１参照）。

特許文献１の石英坩堝支持装置は、図４Ａ、図４Ｂに示すように、石英坩堝２２１を支持する黒鉛坩堝９１と、黒鉛坩堝９１を支持する黒鉛製の坩堝支持台座９２とを備えている。

黒鉛坩堝９１は、円板状の底部９１Ａと、それ以外の側部９１Ｂとから構成されている。側部９１Ｂは、縦割りに３等分して得られる第１、第２、第３の分割黒鉛部材９１Ｃ、９１Ｄ、９１Ｅから構成されている。

黒鉛坩堝９１の底面には、坩堝支持台座９２が嵌め込まれる凹部９１Ｆが設けられている。

各分割黒鉛部材９１Ｃ、９１Ｄ、９１Ｅの上面には、これらが互いに離間することを抑制する離間抑制部材９３が設けられている。離間抑制部材９３は、図４Ｃに示すように、棒状の連結部９３Ａと、この連結部９３Ａの両端に設けられ、各分割黒鉛部材９１Ｃ、９１Ｄ、９１Ｅの円形のピン支持穴９１１に収容される円柱状のピン部９３Ｂとを備えている。ピン支持穴９１１の内径は、ピン部９３Ｂの外径よりも大きく形成されており、ピン部９３Ｂが当該ピン支持穴９１１内で相対移動可能に構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-264777号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 図4A、図4B、図4Cに示すような坩堝を用いてチョクラルスキー法によってシリコン単結晶を製造する場合、まず、石英坩堝221にシリコン原料をチャージし、ヒータで石英坩堝221および石英坩堝支持装置を加熱することでシリコン融液を生成する。このシリコン融液の生成段階において、石英坩堝221、黒鉛坩堝91および坩堝支持台座92は、加熱によって膨張する。石英坩堝221が膨張すると、石英坩堝221によって各分割黒鉛部材91C、91D、91Eが外側に押される。このとき、離間抑制部材93のピン部93Bがピン支持穴911内で相対移動し、これらが接触するまで、各分割黒鉛部材91C、91D、91Eは互いに離間する。

[0005] シリコン融液の生成後、シリコン単結晶の育成を行い、この育成後、石英坩堝221を交換するために、チャンバ内を冷却してシリコン融液の残液を固化させる。

この固化段階において、シリコン融液は、膨張した状態で固化する。

[0006] 一方、石英坩堝221は、冷却によって膨張前の形状に戻ろうと収縮する。しかし、図5Aに示すように、石英坩堝221には溶融時よりも膨張した状態で固化物M1が収容されているため、少なくとも固化物M1の収容部分が膨張前の状態に戻ることができない。

[0007] 各分割黒鉛部材91C、91D、91Eおよび坩堝支持台座92も、冷却によって膨張前の形状に戻ろうと収縮する。

坩堝支持台座92は、収縮に際し障害がないため、膨張前の形状に戻ることができる。

一方、各分割黒鉛部材91C、91D、91Eは、石英坩堝221における固化物M1の収容部分が膨張前の状態に戻ることができないため、収縮しようとする、当該収容部分と接触している部分に外側への力F1が作用する。この力F1によって、黒鉛坩堝91の凹部91Fの開口縁と坩堝支持台

座 9 2 の下端縁との接触部 P 9 を回動中心にして、各分割黒鉛部材 9 1 C, 9 1 D, 9 1 E の上端を互いに離間する方向へ回転させるモーメント E 9 が発生する。このモーメント E 9 によって、図 5 B に示すように、各分割黒鉛部材 9 1 C, 9 1 D, 9 1 E の上端側が開いた状態となってしまう、黒鉛坩堝 9 1 の外側に設けられた図示しないヒータに接触して、当該ヒータを破損してしまうおそれがある。

[0008] 本発明の目的は、シリコン融液の固化時における分割黒鉛部材上端の開きを抑制可能な坩堝支持台座、当該支持坩堝を備えた石英坩堝支持装置、および、当該石英坩堝支持装置を用いたシリコン単結晶の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部の開口縁は、前記複数の分割黒鉛部材との接触部が、シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の表面よりも高くなる位置に設けられ、前記シリコン融液の固化時の膨張に伴い前記複数の分割黒鉛部材に作用する力が、前記接触部よりも低い位置に作用するように構成されていることを特徴とする。

[0010] 本発明によれば、図 5 A に示すような融液時よりも膨張した固化物の影響によって分割黒鉛部材に作用する力 F 1 を、坩堝支持台座の嵌合凹部の開口縁と複数の分割黒鉛部材との接触部よりも下側に発生させることができる。したがって、上記接触部を回動中心にして、複数の分割黒鉛部材を互いに離間する方向へ回転させるモーメントが発生することを抑制でき、黒鉛分割部材の上端が開くことを抑制できる。

[0011] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして

得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部は、当該嵌合凹部の深さを A (mm)、前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm)、前記石英坩堝における底部中央の肉厚を C (mm)、シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の高さを D (mm) として、以下の式 (1) を満たすように構成されていることを特徴とする。

$$A > B + C + D \quad \cdots \quad (1)$$

[0012] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部は、当該嵌合凹部の深さを A (mm)、前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (2) を満たすように構成されていることを特徴とする。

$$A > B + 4.5 \text{ mm} \quad \cdots \quad (2)$$

[0013] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部は、当該嵌合凹部の深さを A (mm)、前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (3) を満たすように構成されていることを特徴とする。

$$A > B + 6.2 \text{ mm} \quad \cdots \quad (3)$$

[0014] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部は、当該嵌合凹部

の深さを A (mm)、前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (4) を満たすように構成されていることを特徴とする。

$$A > B + 65 \text{ mm} \quad \cdots \quad (4)$$

[0015] 本発明の坩堝支持台座は、チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、前記嵌合凹部は、当該嵌合凹部の深さを A (mm)、前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (5) を満たすように構成されていることを特徴とする。

$$A > B + 110 \text{ mm} \quad \cdots \quad (5)$$

[0016] 式 (2) を満たす坩堝支持台座を、例えば、直径が 150 mm のシリコン単結晶の製造に用いる場合、石英坩堝における底部中央の肉厚（以下「石英坩堝底部の肉厚」という場合がある）は 6 mm 以上 15 mm 以下であることが好ましい。150 mm のシリコン単結晶の製造時におけるシリコン融液の固化物の高さは、10 mm 以上 30 mm 以下となるのが一般的である。式 (2) の右辺の「45 mm」は、石英坩堝底部の肉厚の最大値である 15 mm と、固化物の高さの最大値である 30 mm との和である。

[0017] 式 (3) を満たす坩堝支持台座を、例えば、直径が 200 mm のシリコン単結晶の製造に用いる場合、石英坩堝底部の肉厚は 8 mm 以上 22 mm 以下であることが好ましい。200 mm のシリコン単結晶の製造時におけるシリコン融液の固化物の高さは、15 mm 以上 40 mm 以下となるのが一般的である。式 (3) の右辺の「62 mm」は、石英坩堝底部の肉厚の最大値である 22 mm と、固化物の高さの最大値である 40 mm との和である。

[0018] 式 (4) を満たす坩堝支持台座を、例えば、直径が 300 mm のシリコン単結晶の製造に用いる場合、石英坩堝底部の肉厚は 10 mm 以上 25 mm 以下であることが好ましい。300 mm のシリコン単結晶の製造時におけるシ

リコン融液の固化物の高さは、15 mm以上40 mm以下となるのが一般的である。式(4)の右辺の「65 mm」は、石英坩堝底部の肉厚の最大値である25 mmと、固化物の高さの最大値である40 mmとの和である。

[0019] 式(5)を満たす坩堝支持台座を、例えば、直径が450 mmのシリコン単結晶の製造に用いる場合、石英坩堝底部の肉厚は15 mm以上30 mm以下であることが好ましい。450 mmのシリコン単結晶の製造時におけるシリコン融液の固化物の高さは、20 mm以上80 mm以下となるのが一般的である。式(5)の右辺の「110 mm」は、石英坩堝底部の肉厚の最大値である30 mmと、固化物の高さの最大値である80 mmとの和である。

[0020] 本発明の式(1), (2), (3), (4), (5)を満たす坩堝支持台座によれば、嵌合凹部の開口縁は、複数の分割黒鉛部材との接触部が、シリコン単結晶の育成後に石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の表面よりも高くなる位置に設けられることになる。したがって、図5Aに示すような固化物の影響によって分割黒鉛部材に作用する力F1を、坩堝支持台座の嵌合凹部の開口縁と複数の分割黒鉛部材との接触部よりも下側に発生させることができ、黒鉛分割部材の上端が開くことを抑制できる。

[0021] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備えていることを特徴とする。

[0022] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が452 mm以上462 mm以下であり、前記Bが12 mm以上20 mm以下、前記Cが6 mm以上15 mm以下、前記Dが10 mm以上30 mm以下であることを特徴とする。

[0023] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が553 mm以上

6 1 5 m m以下であり、前記Bが1 5 m m以上3 5 m m以下、前記Cが8 m m以上2 2 m m以下、前記Dが1 5 m m以上4 0 m m以下であることを特徴とする。

[0024] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が8 0 3 m m以上8 2 3 m m以下であり、前記Bが2 0 m m以上4 5 m m以下、前記Cが1 0 m m以上2 5 m m以下、前記Dが1 5 m m以上4 0 m m以下であることを特徴とする。

[0025] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が1 0 0 1 m m以上1 0 3 1 m m以下であり、前記Bが2 5 m m以上5 5 m m以下、前記Cが1 5 m m以上3 0 m m以下、前記Dが2 0 m m以上8 0 m m以下であることを特徴とする。

[0026] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が4 5 2 m m以上4 6 2 m m以下であり、前記Bが1 2 m m以上2 0 m m以下であることを特徴とする。

[0027] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が5 5 3 m m以上6 1 5 m m以下であり、前記Bが1 5 m m以上3 5 m m以下であることを特徴とする。

[0028] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が8 0 3 m m以上

8 2 3 m m以下であり、前記Bが2 0 m m以上4 5 m m以下であることを特徴とする。

[0029] 本発明の石英坩堝支持装置は、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、前記複数の分割黒鉛部材を支持する上述の坩堝支持台座とを備え、縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が1 0 0 1 m m以上1 0 3 1 m m以下であり、前記Bが2 5 m m以上5 5 m m以下であることを特徴とする。

[0030] 本発明のシリコン単結晶の製造方法は、石英坩堝と、前記石英坩堝を支持する上述の石英坩堝支持装置とを用いたシリコン単結晶の製造方法であって、前記シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の表面が、前記嵌合凹部の開口縁と前記複数の分割黒鉛部材との接触部よりも低い位置となるように、前記シリコン融液を固化することを特徴とする。

[0031] 本発明によれば、シリコン融液の固化時における分割黒鉛部材上端の開きが抑制されるため、ヒータの破損を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1A]本発明の一実施形態における石英坩堝支持装置の平面図。

[図1B]前記一実施形態における石英坩堝支持装置を示し、図1 AのB－B線に沿う断面図。

[図1C]前記一実施形態における石英坩堝支持装置の部分断面図。

[図2]前記一実施形態における石英坩堝支持装置の作用説明図。

[図3]前記一実施形態における単結晶引き上げ装置の構成を示す模式図。

[図4A]従来の石英坩堝支持装置の平面図。

[図4B]従来の石英坩堝支持装置を示し、図4 AのB－B線に沿う断面図。

[図4C]従来の石英坩堝支持装置の部分断面図。

[図5A]従来の石英坩堝支持装置の作用説明図。

[図5B]従来の石英坩堝支持装置の作用説明図。

発明を実施するための形態

[0033] [実施形態]

以下、本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。

〔石英坩堝支持装置の構成〕

図 1 A、図 1 B に示すように、石英坩堝支持装置 10 は、石英坩堝 221 を支持する。石英坩堝支持装置 10 は、黒鉛坩堝を縦割りに 3 等分して得られる第 1、第 2、第 3 の分割黒鉛部材 11 A、11 B、11 C（以下、まとめて「分割黒鉛部材 11」という場合がある）と、分割黒鉛部材 11 を支持する坩堝支持台座 12 と、各分割黒鉛部材 11 A、11 B、11 C が石英坩堝 221 の中心 C A から離れかつ互いに離間する方向に移動することを抑制する離間抑制部材 93 とを備えている。

[0034] 分割黒鉛部材 11 の上面には、離間抑制部材 93 のピン部 93 B が挿入されるピン支持穴 111 が設けられている。ピン支持穴 111 は、ピン部 93 B が挿入されたときに、当該ピン部 93 B との間に隙間が設けられるように形成されている。

[0035] 坩堝支持台座 12 は、黒鉛によって平面視円形に形成されている。坩堝支持台座 12 の一方の面には、支持軸 25 が嵌め込まれる支持軸嵌合溝 121 が設けられている。

坩堝支持台座 12 の他方の面には、分割黒鉛部材 11 の下部が嵌合可能な嵌合凹部 122 が設けられている。この嵌合凹部 122 の開口縁 123 は、図 2 に示すように、当該嵌合凹部 122 の深さ（嵌合凹部 122 の開口面 124 から底部中央までの距離）を A（mm）、分割黒鉛部材 11 における分割前の黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B（mm）、石英坩堝 221 における底部中央の肉厚を C（mm）、シリコン単結晶の育成後に石英坩堝 221 に残っているシリコン融液 M の固化物 M1 の高さ（固化物 M1 の表面から石英坩堝 221 の底部中央までの距離）を D（以下、「固化物高さ D」という）（mm）として、以下の式（1）を満たすように構成されている。

嵌合凹部 122 の深さ A の上限値は、開口縁 123 が分割黒鉛部材 11 の

上端と同じ位置あるいは当該上端よりも低い位置となるような値であることが好ましい。

$$A > B + C + D \quad \cdots \quad (1)$$

[0036] この式(1)を満たす構成にすることによって、嵌合凹部122の開口縁123と各分割黒鉛部材11A, 11B, 11Cとの接触部P1は、シリコン単結晶の育成後におけるシリコン融液Mの固化物M1の表面よりも高い位置になる。

[0037] 外周研削後の直径が所定値のシリコン単結晶を育成する場合において、分割前の黒鉛坩堝の内径、黒鉛坩堝の底部中央の肉厚B、石英坩堝221の底部中央の肉厚C、シリコン融液の固化物高さDは、以下の表1に示す範囲であることが好ましい。

坩堝支持台座12は、シリコン単結晶の直径が150mmの場合、以下の式(2)を満たすように構成されていてもよいし、直径が200mmの場合、以下の式(3)を満たすように構成されていてもよいし、直径が300mmの場合、以下の式(4)を満たすように構成されていてもよいし、直径が450mmの場合、以下の式(5)を満たすように構成されていてもよい。

$$A > B + 45 \text{ mm} \quad \cdots \quad (2)$$

$$A > B + 62 \text{ mm} \quad \cdots \quad (3)$$

$$A > B + 65 \text{ mm} \quad \cdots \quad (4)$$

$$A > B + 110 \text{ mm} \quad \cdots \quad (5)$$

[0038] 表1における黒鉛坩堝の内径は、黒鉛坩堝の最大内径であり、黒鉛坩堝が直胴部(高さ方向の全ての位置で内径が同じ円筒部)を有する場合、直胴部の内径を意味する。

シリコン単結晶の育成後におけるシリコン融液Mの残液量は、シリコン原料の初期チャージ量の1%から10%である。表1における固化物高さDは、上記初期チャージ量の1%から10%に相当するシリコン融液Mが固化したときの値である。

[0039]

[表1]

シリコン単結晶の直径(mm)	黒鉛坩堝の内径	黒鉛坩堝の底部中央の肉厚B	石英坩堝の底部中央の肉厚C	シリコン融液の固化物高さD
150mm	452mm以上 462mm以下 (約18inch)	12mm以上 20mm以下	6mm以上 15mm以下	10mm以上 30mm以下
200mm	553mm以上 615mm以下 (約22inch以上 約24inch以下)	15mm以上 35mm以下	8mm以上 22mm以下	15mm以上 40mm以下
300mm	803mm以上 823mm以下 (約32inch)	20mm以上 45mm以下	10mm以上 25mm以下	15mm以上 40mm以下
450mm	1001mm以上 1031mm以下 (約40inch)	25mm以上 55mm以下	15mm以上 30mm以下	20mm以上 80mm以下

[0040] [シリコン単結晶の製造方法]

上記石英坩堝支持装置 10 を用いたチョクラルスキー法によるシリコン単結晶の製造方法について説明する。

[0041] 図3に示すように、単結晶引き上げ装置 1 のチャンバ 21 内において石英坩堝 221 を石英坩堝支持装置 10 で支持させ（以下、石英坩堝 221 および石英坩堝支持装置 10 をまとめて「坩堝 22」という場合がある）、石英坩堝 221 内に固体のシリコン原料をチャージする。ヒータ 23 で坩堝 22 を加熱することで、当該坩堝 22 内のシリコン原料を融解させ、シリコン融液 M を生成する。

[0042] シリコン融液 M が生成されると、石英坩堝 221、分割黒鉛部材 11 および坩堝支持台座 12 が加熱によって膨張する。膨張した石英坩堝 221 によって各分割黒鉛部材 11A、11B、11C が外側に押され、離間抑制部材 93 のピン部 93B がピン支持穴 111 内で相対移動し、これらが接触するまで、各分割黒鉛部材 11A、11B、11C は互いに離間する。

[0043] シリコン融液 M の生成後、チャンバ 21 にアルゴンガスを導入して減圧下の不活性雰囲気維持し、支持軸 25 の駆動によって坩堝 22 を回転させつ、シリコン融液 M に種結晶 SC を接触させた後に、引き上げケーブル 24 に

よって引き上げることで、シリコン単結晶SMを育成する。

[0044] シリコン単結晶SMの育成後、石英坩堝221を交換するために、チャンバ21内を冷却してシリコン融液Mの残液を固化させる。

この際、上述したように、シリコン融液Mは、溶融時よりも膨張した状態で固化する。

一方、石英坩堝221は、膨張前の形状に戻ろうと収縮するが、溶融時よりも膨張した状態で固化物M1が收容されているため、少なくとも固化物M1の收容部分が膨張前の状態に戻ることができない。

[0045] 坩堝支持台座12は、収縮に際し障害がないため、膨張前の形状に戻ることができる。

しかし、各分割黒鉛部材11A、11B、11Cは、石英坩堝221における固化物M1の收容部分が膨張前の状態に戻ることができないため、図2に示すように、収縮しようとする、当該收容部分と接触している部分に外側への力F1が作用する。このとき、接触部P1がシリコン融液Mの固化物M1の表面よりも高い位置にあるため、力F1によって、当該接触部P1を回動中心にして、各分割黒鉛部材11A、11B、11Cの上端が互いに接近する方向へ回転させるモーメントE1が発生する。このモーメントE1によって、各分割黒鉛部材11A、11B、11Cの上端側が開いた状態となることが抑制され、各分割黒鉛部材11A、11B、11Cがヒータ23を破損することを抑制できる。

[0046] [変形例]

本発明は上記実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の改良ならびに設計の変更などが可能である。

[0047] 例えば、分割支持部材は、黒鉛坩堝を縦割りに2等分あるいは4等分して得られる形状であってもよい。

符号の説明

[0048] 1…単結晶引き上げ装置、10…石英坩堝支持装置、11…分割黒鉛部材、12…坩堝支持台座、122…嵌合凹部、123…開口縁、221…石英

坩堝、M…シリコン融液、M 1 …固化物、P 1 …接触部、S M…シリコン単結晶。

請求の範囲

[請求項1] チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部の開口縁は、前記複数の分割黒鉛部材との接触部が、シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の表面よりも高くなる位置に設けられ、前記シリコン融液の固化時の膨張に伴い前記複数の分割黒鉛部材に作用する力が、前記接触部よりも低い位置に作用するように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

[請求項2] チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部は、

当該嵌合凹部の深さを A (mm)、

前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm)、

前記石英坩堝における底部中央の肉厚を C (mm)、

シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の高さを D (mm) として、以下の式 (1) を満たすように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

$$A > B + C + D \quad \dots \quad (1)$$

[請求項3] チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部は、

当該嵌合凹部の深さを A (mm)、

前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (2) を満たすように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

$$A > B + 4.5 \text{ mm} \quad \cdots \quad (2)$$

[請求項4]

チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部は、

当該嵌合凹部の深さを A (mm)、

前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (3) を満たすように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

$$A > B + 6.2 \text{ mm} \quad \cdots \quad (3)$$

[請求項5]

チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部は、

当該嵌合凹部の深さを A (mm)、

前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (4) を満たすように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

$$A > B + 6.5 \text{ mm} \quad \cdots \quad (4)$$

[請求項6]

チョクラルスキー法を用いる単結晶引き上げ装置に取り付け可能に構成され、石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の

の分割黒鉛部材を支持する坩堝支持台座であって、

前記複数の分割黒鉛部材が嵌合可能な嵌合凹部を備え、

前記嵌合凹部は、

当該嵌合凹部の深さを A (mm)、

前記複数の分割黒鉛部材における前記黒鉛坩堝の底部中央に対応する位置の肉厚を B (mm) として、以下の式 (5) を満たすように構成されていることを特徴とする坩堝支持台座。

$$A > B + 110 \text{ mm} \quad \cdots \quad (5)$$

[請求項7] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の坩堝支持台座とを備えていることを特徴とする石英坩堝支持装置。

[請求項8] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項2に記載の坩堝支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が452mm以上462mm以下であり、

前記Bが12mm以上20mm以下、前記Cが6mm以上15mm以下、前記Dが10mm以上30mm以下であることを特徴とする石英坩堝支持装置。

[請求項9] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項2に記載の坩堝支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が553mm以上615mm以下であり、

前記Bが15mm以上35mm以下、前記Cが8mm以上22mm以下、前記Dが15mm以上40mm以下であることを特徴とする石英坩堝支持装置。

[請求項10] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項2に記載の坩堝支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が803mm以上823mm以下であり、

前記Bが20mm以上45mm以下、前記Cが10mm以上25mm以下、前記Dが15mm以上40mm以下であることを特徴とする石英坩堝支持装置。

[請求項11] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項2に記載の坩堝支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が1001mm以上1031mm以下であり、

前記Bが25mm以上55mm以下、前記Cが15mm以上30mm以下、前記Dが20mm以上80mm以下であることを特徴とする石英坩堝支持装置。

[請求項12] 石英坩堝を支持する黒鉛坩堝を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項3に記載の坩堝支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堝の内径が452mm以上462mm以下であり、

前記Bが12mm以上20mm以下であることを特徴とする石英坩

堦支持装置。

[請求項13] 石英坩堦を支持する黒鉛坩堦を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項4に記載の坩堦支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堦の内径が553mm以上615mm以下であり、

前記Bが15mm以上35mm以下であることを特徴とする石英坩堦支持装置。

[請求項14] 石英坩堦を支持する黒鉛坩堦を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項5に記載の坩堦支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堦の内径が803mm以上823mm以下であり、

前記Bが20mm以上45mm以下であることを特徴とする石英坩堦支持装置。

[請求項15] 石英坩堦を支持する黒鉛坩堦を縦割りにして得られる複数の分割黒鉛部材と、

前記複数の分割黒鉛部材を支持する請求項6に記載の坩堦支持台座とを備え、

縦割り前の前記黒鉛坩堦の内径が1001mm以上1031mm以下であり、

前記Bが25mm以上55mm以下であることを特徴とする石英坩堦支持装置。

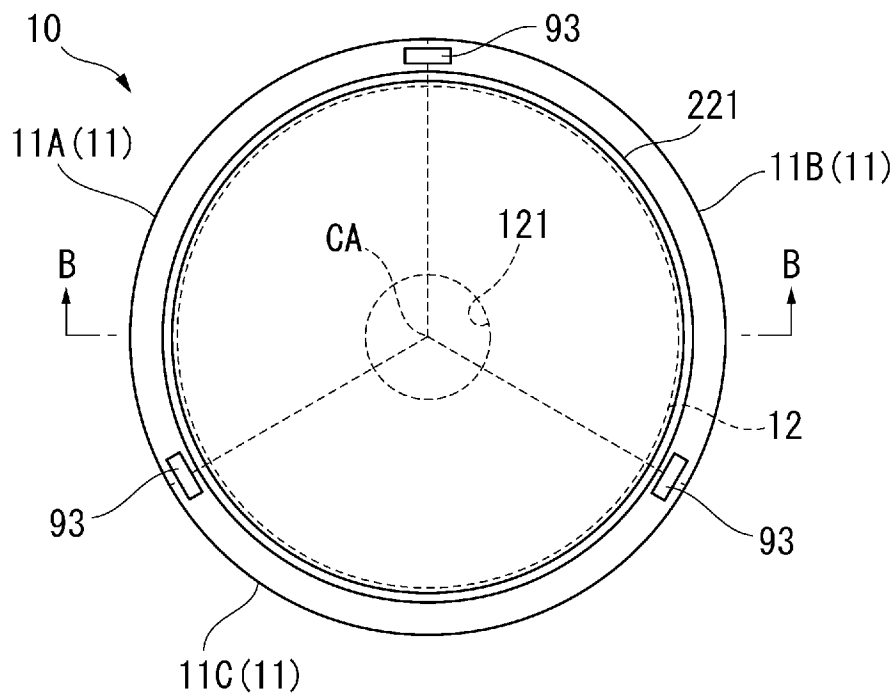
[請求項16] 石英坩堦と、

前記石英坩堦を支持する請求項7から請求項15のいずれか一項に記載の石英坩堦支持装置とを用いたシリコン単結晶の製造方法であっ

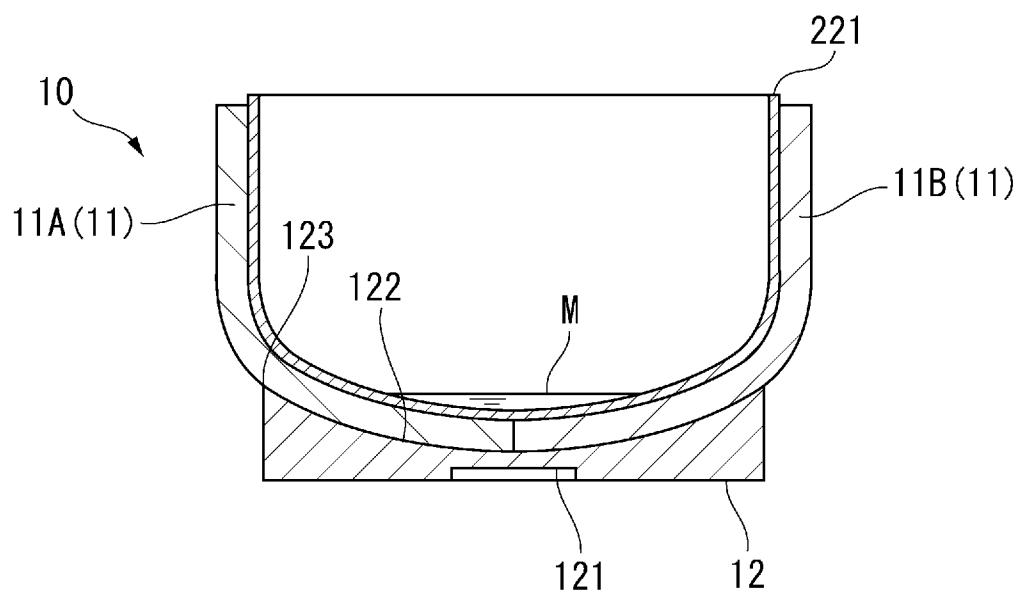
て、

前記シリコン単結晶の育成後に前記石英坩堝に残っているシリコン融液の固化物の表面が、前記嵌合凹部の開口縁と前記複数の分割黒鉛部材との接触部よりも低い位置となるように、前記シリコン融液を固化することを特徴とするシリコン単結晶の製造方法。

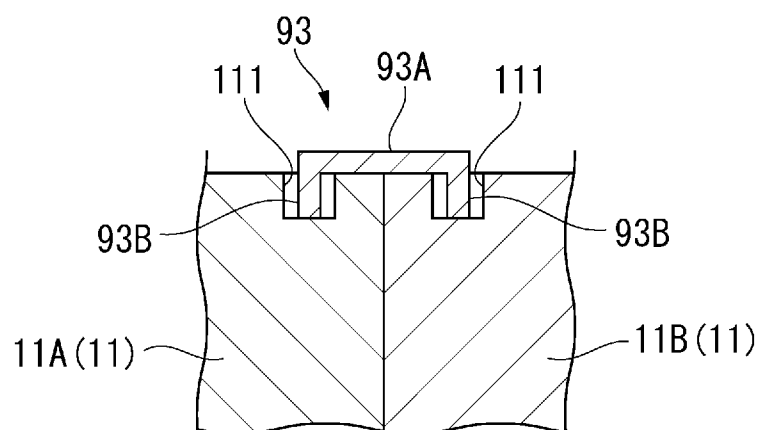
[図1A]



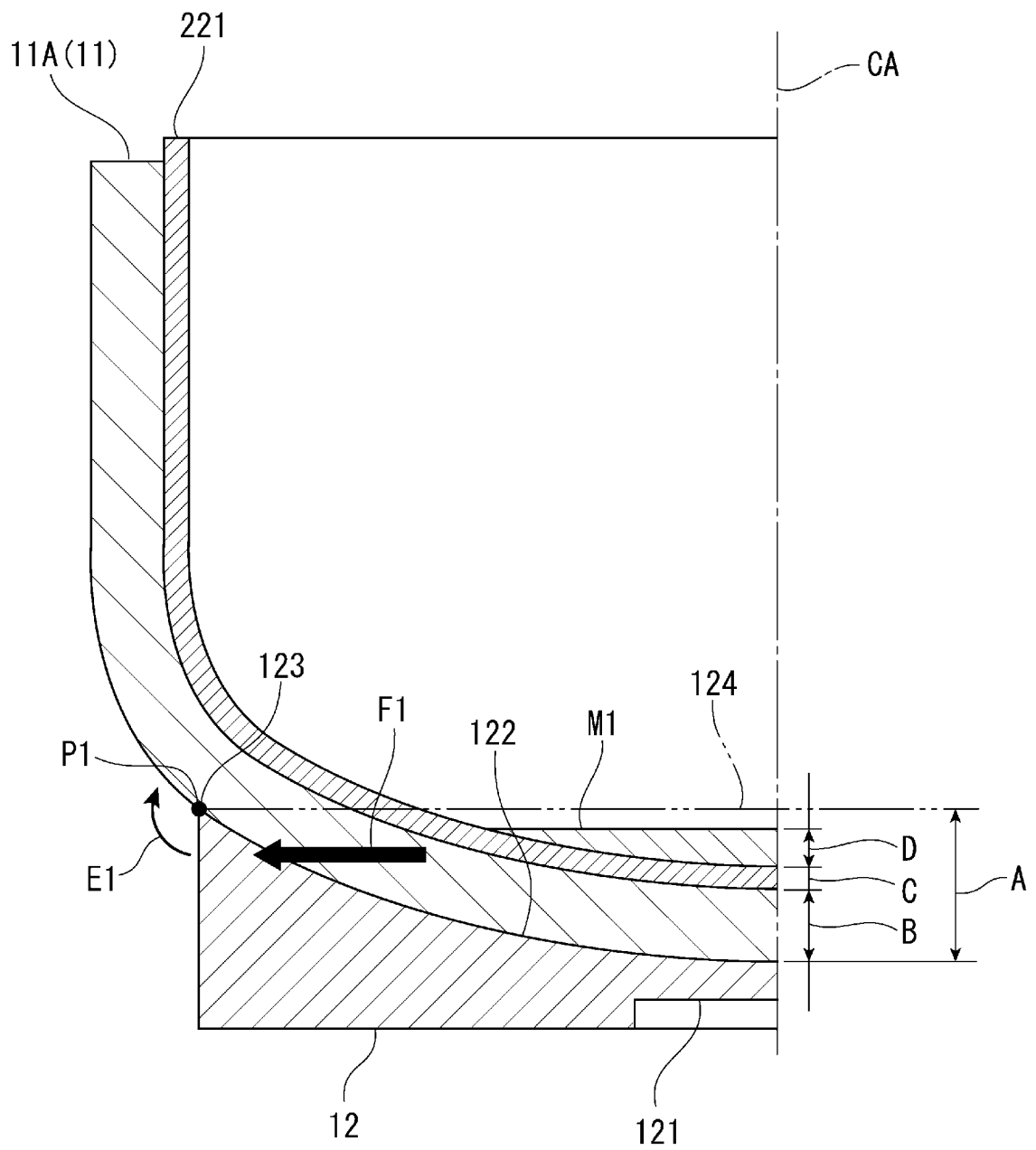
[図1B]



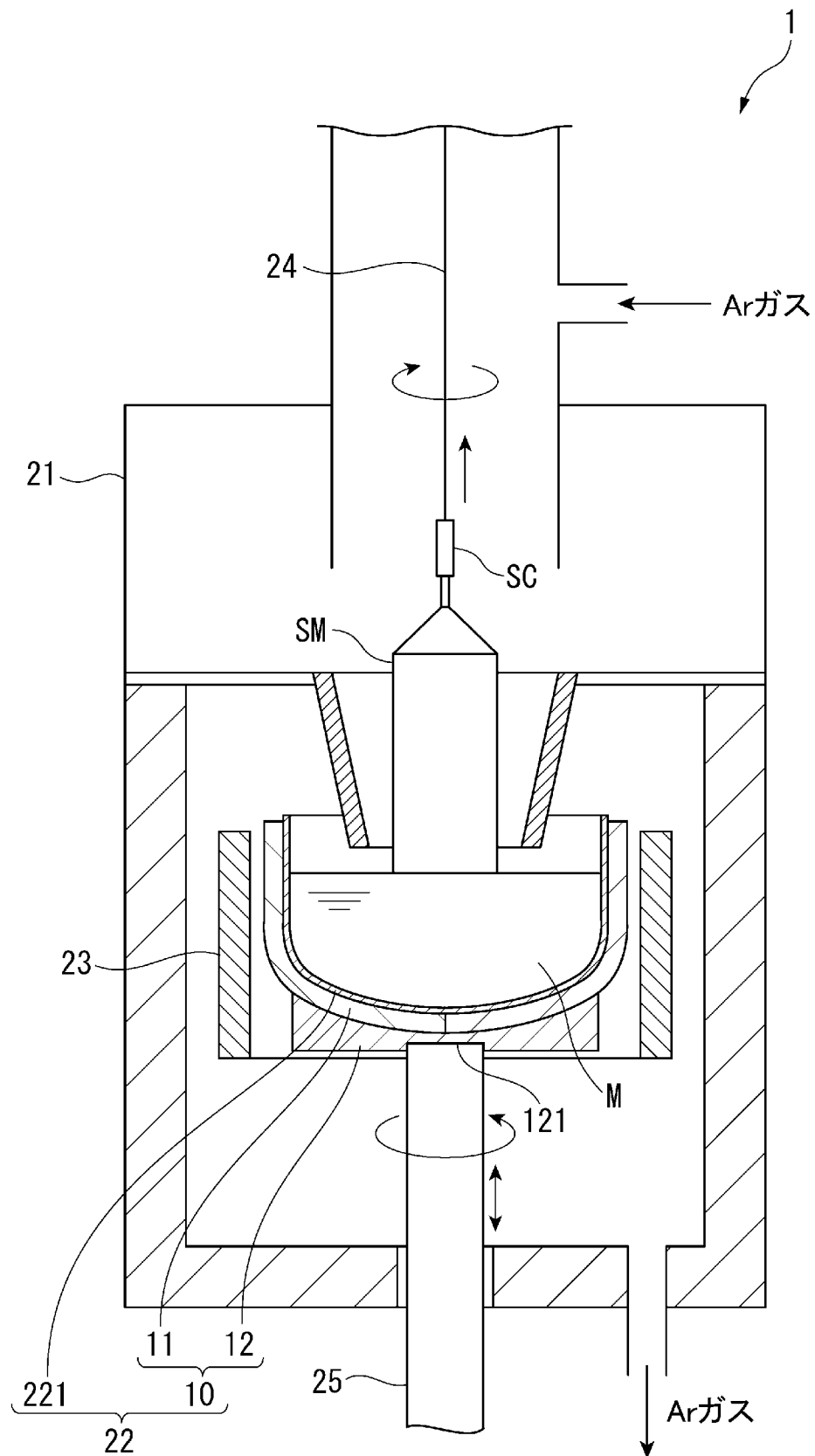
[図1C]



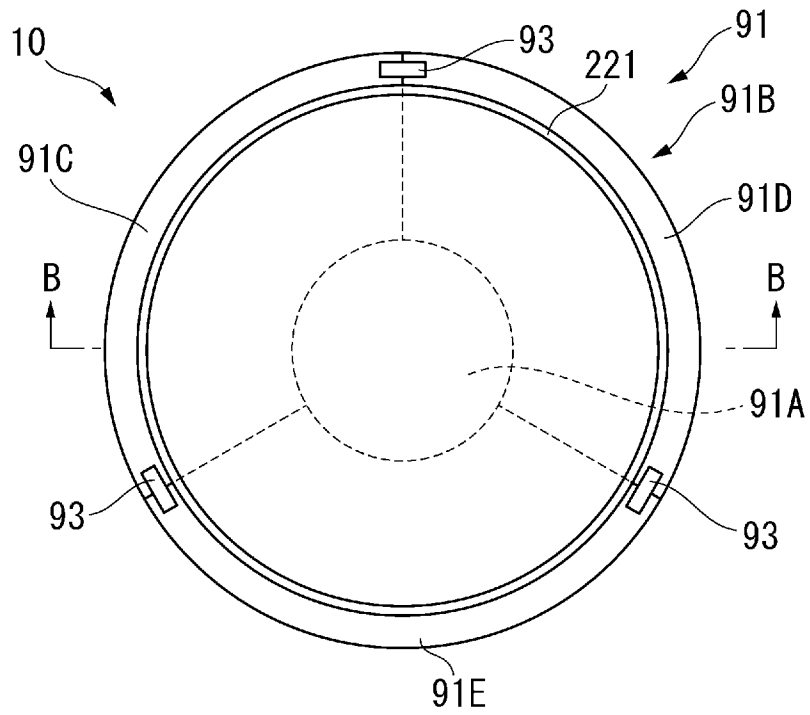
[図2]



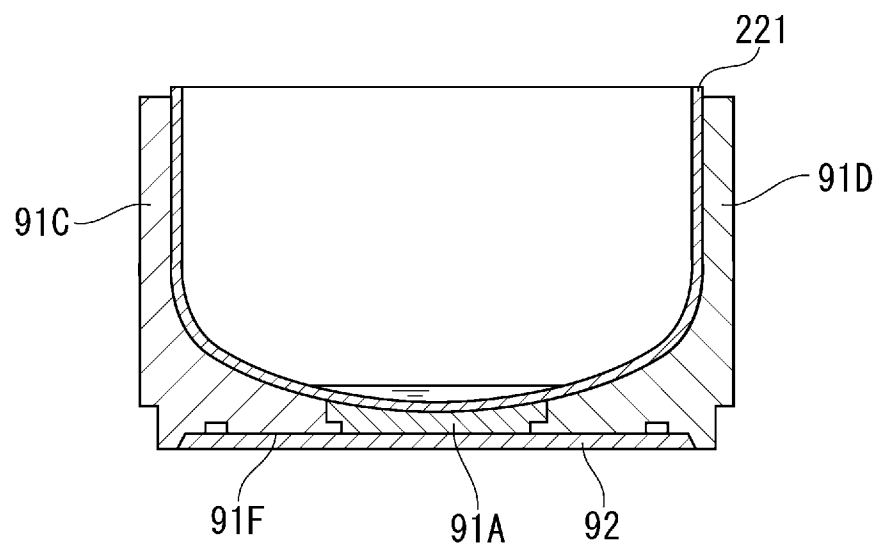
[図3]



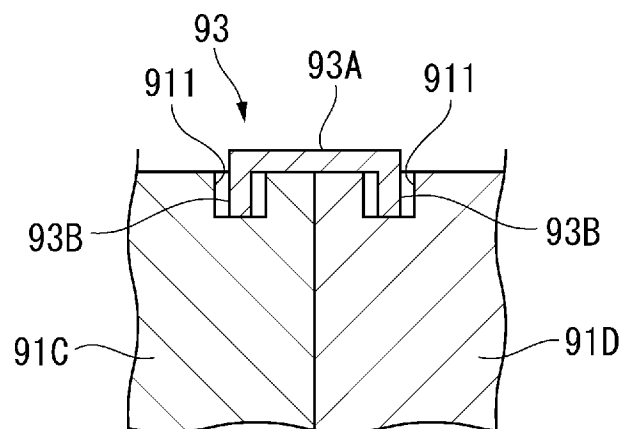
[図4A]



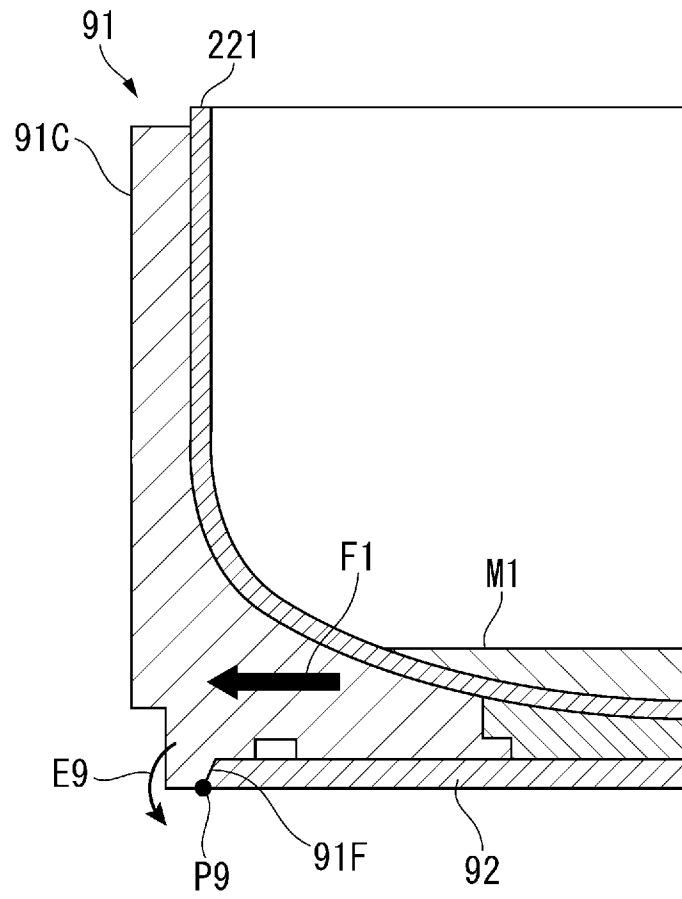
[図4B]



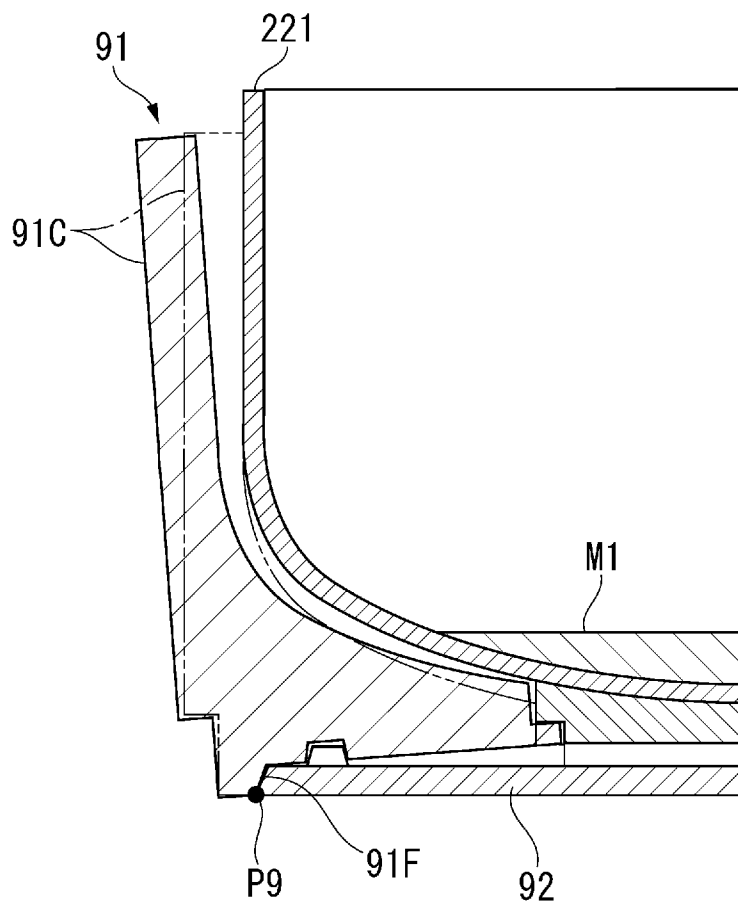
[図4C]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/021026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C30B29/06(2006.01)i, C30B15/00(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. C30B29/06, C30B15/00

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2002-154892 A (IBIDEN CO., LTD.) 28 May 2002, claim 1 (Family: none)	1-16
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 16506/1982 (Laid-open No. 121377/1983) (IBIGAWA ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 18 August 1983, claim 1, fig. 1-4 (Family: none)	1-16
A	JP 7-25694 A (KOMATSU ELECTRONIC METALS CO., LTD.) 27 January 1995, claim 1, fig. 1-8 (Family: none)	1-16



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
24 July 2018 (24.07.2018)

Date of mailing of the international search report
31 July 2018 (31.07.2018)

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/JP2018/021026

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 2002-274991 A (SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION) 25 September 2002, claim 1, fig. 2 & US 2002/0170492 A1, claim 1, fig. 2	1-16
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 38207/1988 (Laid-open No. 142463/1989) (KYUSHU ELECTRONIC METAL CO., LTD.) 29 September 1989, claim 1, fig. 1 (Family: none)	1-16
A	JP 9-77589 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 25 March 1997, claim 1, fig. 1, 8 (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C30B29/06(2006.01)i, C30B15/00(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. C30B29/06, C30B15/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2002-154892 A (イビデン株式会社) 2002.05.28, 請求項1 (ファミリーなし)	1-16
A	日本国実用新案登録出願 57-16506 号(日本国実用新案登録出願公開 58-121377 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (揖斐川電気工業株式会社) 1983.08.18, 請求項1、図1-4 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 7-25694 A (コマツ電子金属株式会社) 1995.01.27, 請求項1、	1-16

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

24.07.2018

国際調査報告の発送日

31.07.2018

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)

神▲崎▼ 賢一

4G

6109

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
	図 1 - 8 (ファミリーなし)	
A	JP 2002-274991 A (三菱住友シリコン株式会社) 2002.09.25, 請求項 1、図 2 & US 2002/0170492 A1, 請求項 1、図 2	1-16
A	日本国実用新案登録出願 63-38207 号(日本国実用新案登録出願公開 1-142463 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (九州電子金属株式会社) 1989.09.29, 請求項 1、図 1 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 9-77589 A (住友金属工業株式会社) 1997.03.25, 請求項 1、図 1、8 (ファミリーなし)	1-16