

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-273630

(P2006-273630A)

(43) 公開日 平成18年10月12日(2006. 10. 12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C3OB 29/06 (2006.01)	C3OB 29/06 5O1Z	4GO77
C3OB 11/14 (2006.01)	C3OB 11/14	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2005-92919 (P2005-92919)
 (22) 出願日 平成17年3月28日 (2005. 3. 28)

(71) 出願人 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (72) 発明者 山谷 宗義
 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野1166番地
 の6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内
 (72) 発明者 松居 宏史
 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野1166番地
 の6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内
 Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CD08 ED01 MB14

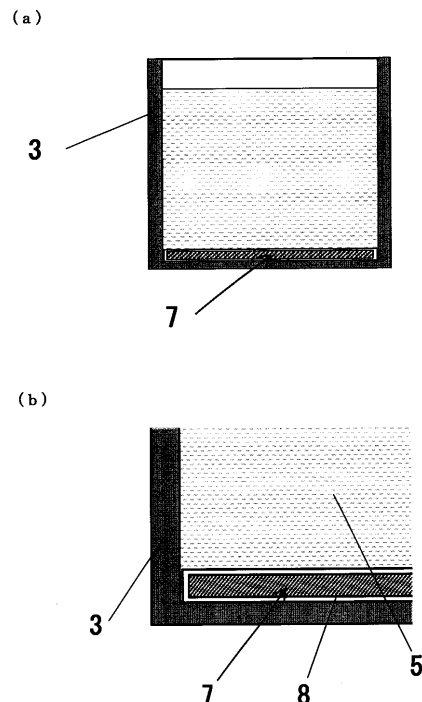
(54) 【発明の名称】 種結晶及びそれを用いた半導体インゴットの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 鋳型底面に種結晶を配置し、供給されたシリコン半導体材料の融液を種結晶を用いて結晶化させるシリコン半導体インゴットの製造方法において、結晶化開始にあたり、種結晶の溶融のタイミングが検知可能な種結晶を提供する。

【解決手段】 シリコン融液5を保持した鋳型3の内底面全体に配置したシリコン種結晶7に関し、該シリコン種結晶7表面の少なくとも一部をシリコンより融点の高いシリカ薄膜8で覆うことにより、半導体材料の融点以上の温度であっても種結晶を固体として維持できる。その後、薄膜が溶融する過程における半導体融液の温度上昇を検知して、薄膜及び種結晶の溶融開始を把握する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体材料の融液が結晶化する基となる種結晶であって、

表面の少なくとも一部が薄膜で覆われ、且つ、該薄膜材料の融点 T 1 は前記半導体材料の融点 T 2 よりも大きいことを特徴とする種結晶。

【請求項 2】

前記融点 T 1 は、前記融点 T 2 よりも 50℃以上大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の種結晶。

【請求項 3】

前記薄膜の厚みは、1 μm 以上であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の種結晶。 10

【請求項 4】

前記半導体材料は Si を主成分とし、且つ、前記薄膜は Si 及び O を有して構成されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の種結晶。

【請求項 5】

前記 Si 及び前記 O の組成比は、Si : O = 1 : 2 ~ 1 : 4 の範囲を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の種結晶。

【請求項 6】

前記薄膜は、不定形ガラス質であることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 のいずれかに記載の種結晶。 20

【請求項 7】

鋳型内に、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の種結晶を配置する工程 A と、

前記鋳型内に、前記種結晶の主成分と同一の半導体材料からなる融液を供給する工程 B と、

前記薄膜及び前記種結晶の一部を溶融させ、該種結晶の溶融部位に前記融液を結晶化させて半導体インゴットを形成する工程 C と、を有する半導体インゴットの製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の半導体インゴットの製造方法によって形成された半導体インゴットのうち、前記結晶化に寄与していない前記種結晶部位を用いて新たな種結晶とすることを特徴とする半導体インゴットの製造方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、種結晶及びそれを用いた半導体インゴットの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体インゴットの製造方法として、鋳型底面に種結晶を配置し、供給された半導体材料の融液を種結晶を基にして結晶化させる方法が提案されている（例えば特許文献 1、2 参照）。

【0003】

しかしながら、これらの方法は融液温度、鋳型温度又は種結晶の温度上昇をモニターしながら結晶化開始のタイミングを図る必要があるため、種結晶表面温度の非常に緻密な温度制御が要求され、温度が高すぎると種結晶が溶融してしまい、温度が低すぎると種結晶表面全面からの種付けが起こらないという問題がある。 40

【0004】

特に、半導体材料と種結晶とが同一成分からなる場合、鋳型温度を半導体材料の融点以上に保持すると、種結晶も含めた材料全てが完全溶融するまで鋳型内温度は溶融潜熱消費のために一定に保たれてしまい、これを温度上昇値でモニターする事は極めて困難である。

【0005】

これに対し、種結晶底部を冷却して固相を保ったままの状態に入熱量と抜熱量をバランスさせ、これ以上溶融しない環境にしておくことによって、種結晶の溶融を温度上昇値で検知する方法が提案されている。この方法を用いれば、低温に保たれた種結晶底部を除いた部分の溶融が完了した段階でそれまで使用されていた溶融潜熱の消費が無くなり系の温度が急激に上昇するため、融液温度、鑄型温度又は種結晶の温度上昇をモニターしながら結晶化開始のタイミングを図る事が可能になる（例えば特許文献3参照）。

【特許文献1】特開1997-2897号公報

【特許文献2】特開1998-194718号公報

【特許文献3】特開2000-1308号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、この方法では、常に種結晶を半導体材料の融点以下に保っておくと同時に、種結晶の上方に存在する半導体融液の温度も所定温度以下に保持しておく必要があるため、結晶化開始時の固液界面における温度及び温度勾配などの製造条件を著しく制限するという問題があった。

【0007】

また、上記方法では、系の急激な温度上昇に伴い急速な結晶化がなされるため、多くの空孔を取り込み半導体格子内に大量の欠陥を導入してしまうという問題もあった。

【0008】

20

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、半導体融液をその融点以上に保持した状態にあっても、溶融のタイミングが検知容易な種結晶、並びに、高品質な半導体インゴットを製造する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の種結晶は、半導体材料の融液が結晶化する基となるものであって、表面の少なくとも一部が薄膜で覆われ、且つ、該薄膜材料の融点T1は前記半導体材料の融点T2よりも大きいことを特徴とするものである。

【0010】

ここで、融点T1は融点T2よりも50℃以上大きいことが好ましく、薄膜の厚みは1μm以上であることが好ましい。

30

【0011】

また、薄膜はSi及びOを有して構成されることが好ましく、特にSi及びOの組成比は、Si：O=1：2～1：4の範囲を満足することが好ましい。なお、薄膜は不定形ガラス質としてもよい。

【0012】

本発明の半導体インゴットの製造方法は、鑄型内に、本発明の種結晶を配置する工程Aと、前記鑄型内に、前記種結晶の主成分と同一の半導体材料からなる融液を供給する工程Bと、前記薄膜及び前記種結晶の一部を溶融させ、該種結晶の溶融部位に前記融液を結晶化させて半導体インゴットを形成する工程Cとを有するものである。

40

【0013】

また、当該方法によって形成された半導体インゴットのうち、前記結晶化に寄与していない前記種結晶部位を用いて新たな種結晶とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明の種結晶は、半導体材料の融液が結晶化する基となるものであって、表面の少なくとも一部が薄膜で覆われ、且つ、該薄膜材料の融点T1を前記半導体材料の融点T2よりも大きく構成することから、半導体材料の融点以上の温度であっても種結晶を固体として維持でき、その後、薄膜が溶融する過程における半導体融液の温度上昇を検知することによって、薄膜及び種結晶の溶融開始を容易に把握することができ種結晶を基にした半導

50

体融液の結晶化開始を制御することが可能となる。

【0015】

特に、上記半導体融液の温度上昇を緩慢にして、種結晶の溶融開始をより容易に検知する観点から、融点T1を融点T2よりも50℃以上大きく構成することや薄膜の厚みを1μm以上とすることが好ましい。

【0016】

また、前記半導体材料はSiを主成分とし、且つ、前記薄膜はSi及びOを有して構成されることから、上記効果に加えて半導体融液（半導体インゴット）の品質低下を抑制することが可能となる。Si及びOの組成比は、Si：O＝1：2～1：4の範囲を満足することが好ましい。またこの場合、半導体材料の融点との関係から、薄膜は不定形ガラス質で構成されることが好ましい。 10

【0017】

本発明の半導体インゴットの製造方法は、鋳型内に、本発明の種結晶を配置する工程Aと、前記鋳型内に、前記種結晶の主成分と同一の半導体材料からなる融液を供給する工程Bと、前記薄膜及び前記種結晶の一部を溶融させ、該種結晶の溶融部位に前記融液を結晶化させて半導体インゴットを形成する工程Cとを有してなることから、薄膜の溶融に際して生じる温度上昇を検知することによって、薄膜及び種結晶の溶融開始を容易に把握することができ種結晶を基にした半導体融液の結晶化開始を制御することが可能となる。

【0018】

また、当該方法によって形成された半導体インゴットのうち、結晶化に寄与していない種結晶部位を用いて新たな種結晶とすることから、半導体インゴットを製造するたびに新しい単結晶を用意する必要がなく生産性が飛躍的に向上する。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明を添付図面に基づき詳細に説明する。

【0020】

図1は、本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鋳型を示す図であり、(a)は概略断面図、(b)は(a)の底部、特に種結晶部分を拡大して示す断面図である。

【0021】

図1に示すように、シリコン材料を溶融してなるシリコン融液5を有する鋳型3の内底面全体に種結晶7が配置されている。 30

【0022】

種結晶7は、例えば単結晶シリコン板の表面に、ドライ熱酸化法（石英管内部で直接高純度酸素ガスを導入し熱酸化により製膜）、ウェット熱酸化法又はCVD酸化法等の方法でシリカ（二酸化珪素）薄膜8を形成することによって構成される。なお、シリカ薄膜8は種結晶7の上面を覆うように形成されていれば良い。

【0023】

このような種結晶7を用いて半導体インゴット（シリコンインゴット）9を形成する場合、種結晶7の表面に、融点T1がシリコンの融点T2よりも大きいシリカ薄膜8を形成しておくだけで、シリコンの融点以上の温度であっても種結晶7を固体として維持でき、その後、シリカ薄膜8が溶融する過程におけるシリコン融液5の温度上昇を鋳型3外部に設置した熱電対で容易に検出することが可能となる。その結果、シリカ薄膜8及び種結晶7の溶融開始を容易に把握することができ種結晶7を基にしたシリコン融液5の結晶化開始を制御することが可能となる。 40

【0024】

シリコン融液5の温度上昇を緩慢にして、種結晶7の溶融開始をより容易に検知する観点から、融点T1を融点T2よりも50℃以上大きく構成することが特に好ましい。

【0025】

ここで、種結晶7の厚みは、鋳型3内温度ばらつき及びコストの観点から3～50mm程度が好ましい。

【0026】

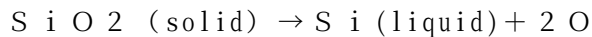
また、シリカ薄膜8の厚みは、上記シリコン融液5の温度上昇を緩慢にして、種結晶7の溶融開始をより容易に検知する観点から1~10 μmが好ましい。

【0027】

なお、半導体材料の主成分がSiである場合、薄膜8材料としてSi及びOを有するシリカが好適に用いられる。シリカは、シリコンよりも融点が100℃近く高い(m p = 1500℃)ものの、該融点以下の温度であってもシリコン融液5との接触により接触界面で下記反応が起こって溶け得る。なお、薄膜8材料におけるSi及びOの組成比は、Si : O = 1 : 2 ~ 1 : 4の範囲を満足することが好ましい。

【0028】

10



なお、薄膜8は不定形ガラス質であることが好ましい。仮に、薄膜8が結晶化してしまうと、シリコン融液5との反応が生じず且つ溶融のために必要な温度が上昇する結果、シリコン融液5の沸騰、並びに鑄型3内面に形成された離型材層からシリコン融液5への不純物混入を促進してしまうおそれがある。なお、シリカは結晶化してトリジマイトやクリストバライトに多形転移し、その溶融に1700℃程度まで加熱する必要があるが生じる。

【0029】

次に、本発明の半導体インゴットの製造方法について、図1乃至図3を用いて説明する。

【0030】

20

図1は、本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鑄型を示す図であり、(a)は概略断面図、(b)は(a)の底部、特に種結晶部分を拡大して示す断面図である。図2は、本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる装置を示す概略断面図である。図3は、本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鑄型を示す図であり、(a)は概略断面図であり、(b)は(a)の底部、特に種結晶部分を拡大して示す断面図である。

【0031】

図2において、1aは溶融坩堝、1bは保持坩堝、2は注液口、3は鑄型、4は加熱手段、5はシリコン融液を示し、これらの装置はすべて真空容器(不図示)内に配置される。

【0032】

30

<工程A>

まず、図1に示すように、鑄型3の内底面に、上記種結晶7を配置する。

【0033】

ここで鑄型3は、石英などの二酸化珪素、グラファイトなどのカーボン材、またはセラミック材などからなり、坩堝1で融解されたシリコン融液5が注液される。

【0034】

鑄型3の周りには、抜熱を抑制するため鑄型断熱材(不図示)が設置される。鑄型断熱材は耐熱性、断熱性などを考慮してカーボン系の材質が一般的に用いられる。また、鑄型3の下方には注がれたシリコン融液5を冷却・凝固するための冷却板(不図示)を設置してもよい。

40

【0035】

鑄型3内面には、シリコン融液5と鑄型3との反応及び融着を防ぐための離型材(不図示)を塗布形成している。なお、鑄型3の外底面には、製造過程における融液温度を管理するために熱電対(不図示)が鑄型3底面に接触するように配置されている。

【0036】

<工程B>

次に、鑄型3内に、種結晶7の主成分と同一の半導体材料からなる融液5を供給する。

【0037】

すなわち、図2に示すように、坩堝1で溶融されたシリコン融液5を、注液口2を通じて鑄型3内に注ぎこむ。

50

【0038】

ここで坩堝1は、溶融坩堝1a及び保持坩堝1bにより構成されている。

【0039】

溶融坩堝1aは通常、高純度の石英などが用いられるが、シリコン材料の融解温度以上の温度において、融解、蒸発、軟化、変形、分解などを生じにくく、かつ太陽電池特性を落とさない純度であれば特に限定されない。また、溶融坩堝1aは高温になると軟化して、形を保てないために、グラファイトなどからなる保持坩堝1bで保持される。また、溶融坩堝1a、保持坩堝1bの寸法は、一度に溶融する溶融量に応じたシリコン材料を内包できる寸法とする必要がある。シリコン材料の溶融量は、例えば1kgから250kgの範囲である。

10

【0040】

溶融坩堝1a、保持坩堝1bの周囲には加熱手段4が配置されている。この加熱手段4aによって、溶融坩堝1a内部のシリコン材料を加熱溶融して、シリコン融液5とするのである。なお、これらの加熱手段としては、例えば、抵抗加熱式のヒーターや誘導加熱式のコイルなどを用いることができる。

【0041】

溶融坩堝1aの上縁部にはシリコン融液5を注ぐための注液口2が設けられており、シリコン材料を溶融し、完全に融液となった後に坩堝を傾けて溶融坩堝1aの上縁部にある注液口2から下部に設置してある鑄型3にシリコン融液5が注がれる。

【0042】

20

<工程C>

そして、図3に示すように、シリカ薄膜8及び種結晶7の一部を溶融させ、種結晶7の溶融部位に融液7を結晶化させてシリコンインゴット9を形成する。

【0043】

融液7を結晶化させるため、水などの冷媒を内部循環させた冷却手段で鑄型3底部から抜熱・凝固することによって、図3に示されるように凝固層は種結晶7の溶融部位から引き継がれて単結晶化することとなる。

【0044】

このようにして得られたシリコンインゴット9を、その底部から例えば3mm～20mmの厚みに切り出して新たな種結晶として再利用する。

30

【0045】

なお、本発明の実施形態は上述の例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変更を加えることはもちろんである。

【0046】

例えば、上記実施形態では、鑄型3の内底面に上記種結晶7を配置した上で、種結晶7の主成分と同一の半導体材料からなる融液5を供給するようにしたが、これに代えて融液5を供給した後で種結晶7を配置するようにしてもよい。

【0047】

また、上記実施形態に代えて、溶融坩堝1aの底部に注液口2を設けて、底部からシリコン融液5を下部に設置した鑄型3内に注ぐようにしてもよい。この場合、シリコン材料が完全に溶融する前に注液口2から溶融前のシリコン材料や一部溶融したシリコン融液5が漏れないように、注液口2付近に機械的な栓体や注液口3を塞ぐようなシリコン材料を設置して半導体融液5の供給を制御する。

40

【0048】

さらに、鑄型3とは別にシリコン材料を溶融するための溶融坩堝1aなどを設けずに、鑄型3内で、シリコン材料を溶融してシリコン融液5とし、且つ、シリコン融液5を冷却・凝固するようにしても構わない。

【実施例】

【0049】

図1乃至図3に示す本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる坩堝及び鑄型を用い

50

て以下のような実験を行った。

【0050】

まず、溶融坩堝1aを石英で、保持坩堝1bをグラファイトで形成し、溶融坩堝1a内に100kgのシリコン材料を投入した。溶融坩堝1aの周囲に加熱手段4を設置し、加熱手段によって溶融坩堝1a内のシリコン材料を溶融させた。シリコン融液5の供給に先立って、鑄型3の内面温度を1000℃に保持した。また、鑄型底部には厚み0～10μmの酸化膜を形成した厚み10mmのシリコン板を底面全面に配置した。

【0051】

なお、図4に示すように、熱電対（図中TC1～6）を設置した。なお、外部モニター用や制御用に使用するため鑄型底板下面温度（TC6）も測定出来るようにした。

10

【0052】

次に、溶融坩堝1a内のシリコン融液5の温度を上昇させ、融液温度（例えば赤外線放射温度計による表面温度測定等により測定）が1420℃になった後に、溶融坩堝を傾けて注液口から鑄型3内にシリコン融液5を注いだ。供給完了後、鑄型底面温度をモニターしながら、供給直後に形成された急速凝固層を溶融し種付け過程に移行した。種付けによる緩慢な急昇温開始5分後に加熱出力を絞り種付けされた表面から一方向凝固させた。

【0053】

ここで、シリコン融液5は、注がれる時に鑄型3及び種結晶7あるいは外部雰囲気熱を奪われるため、鑄型3内への供給が完了した後は直ちに鑄肌面に沿って急速凝固層が形成される。これは鑄型3内に設置した熱電対TC5により容易に把握出来る。

20

【0054】

実施例において、種結晶7以外は溶融している状態に保持する必要があるため、供給完了後直ぐに凝固を開始せずに一旦既定の設定温度にまで加熱し種結晶表面付近まで急速凝固層を溶融した。既定温度としては、1420℃、1440℃、1460℃の3条件に変化させた。

【0055】

実験の結果は図5に示す。図5は、本発明の半導体インゴットの製造方法において、半導体融液の加熱時における鑄型底部の温度推移を示した図である。

【0056】

これによると、一旦凝固した急速凝固層を徐々に溶融する際は冷えたシリコンの温度上昇⇒溶融という過程を経るために、融液温度は加熱条件に対応したプロファイルで温度上昇⇒溶融潜熱消費による定温化というプロファイルを経る。その後、種結晶が完全溶融した後は、シリコン溶融で消費されていた分の溶融潜熱が余剰加熱となる結果、シリコン融液温度が急昇温する。この急上昇は通常1hr以内に定常化し入熱と抜熱がバランスする結果、再び一定温度を維持するようになることがわかる。

30

【0057】

なお、融液の温度変化は鑄型を伝熱して伝えられるため、鑄型底温度（TC6）も同様のプロファイルを示す事が判った。鑄型底温度の経時変化を図5に示した（TC1～5の温度は省略）。

【0058】

また、シリカ薄膜8を付けたシリコン種結晶7の鑄型底温度プロファイルは、シリカ薄膜8を付けない場合のプロファイルとは異なり、急昇温時の昇温速度が小さくなる結果となった。

40

【0059】

この理由としては、急速凝固層が溶融した後、シリカ薄膜8を付けた種結晶7は表面のシリカ薄膜8が溶融しないために系の温度は上昇を始めるが、シリカ薄膜8の溶融開始に伴って溶融熱が消費されるために、緩慢な温度上昇になるものと考えられる。また、シリカ薄膜8の厚みが大きくなる程、昇温速度が小さくなっているのは、シリカの熱伝導率がシリコンに比べ約1/10と小さいため、厚みが大きい程シリカ薄膜8の温度上昇に時間がかかるためと考えられる。

50

【0060】

次に、種結晶残存率を測定するための実験を行った。

【0061】

実験は、本発明の半導体インゴットの製造方法によって製造されたシリコンインゴット9を高さ方向に切断し、その縦断面を観察することにより融液5の結晶化に寄与していない種結晶部位の割合、即ち種付けされずに残った種結晶7の残存率を求めた。種結晶残存率は下式で定義することとした。

【0062】

種結晶残存率(%) = 種付けされずに残った種結晶厚み / 元の種結晶厚み × 100

なお、酸化膜厚み条件を0, 1, 4, 9, 10 μmの5水準、種付け直前(急速凝固層溶融後)の種結晶表面維持温度(TC5)温度を1420℃, 1440℃, 1460℃の3水準に変化させた以外は上記実施例と同様の鑄造方法とした。また、実際の操業では、急昇温は実際の昇温開始から5分間の昇温速度測定で確定する事が可能なので、全ての実験で凝固開始のタイミングを急昇温開始5分後に固定した。

【0063】

実験の結果を図6に示す。図6は、本発明の種結晶における薄膜厚みと種結晶残存率との関係を示す図である。

【0064】

図6に示すように、低温条件(TC5温度=1420℃)は、種結晶7の表面温度が融点、種結晶内部は融点以下の温度である条件であり、この場合はシリカ薄膜8厚み=0 μm(シリカ薄膜8なし)でも、種結晶7の温度が低い維持されるため、種結晶7は約50%残っていた。シリカ薄膜8を厚くするに従って種結晶7の残存率は増加し、厚み10 μmの場合では種結晶7の溶融は数%と僅かであった。

【0065】

また、通常条件(TC5温度=1440℃)では、シリカ薄膜8を付けない場合には急昇温開始5分後の段階で全ての種結晶7が溶融していた。シリカ薄膜8の厚みを厚くするに従って残存率は増加するが上記低温条件よりは低い残存率であり、融液5の温度に影響を受ける事が確認された。

【0066】

さらに、高温条件(TC5=1460℃条件)でも、シリカ薄膜8の厚みを厚くするに従って残存率は増加するが上記低温条件よりは低い残存率を示した。シリカ薄膜8厚みが10 μmで残存率が70~90%の範囲内にあったが、10 μmを超えると種結晶7の溶融が殆ど無くなることが分かった。

【0067】

以上の実験結果より、酸化膜厚を1 μmから10 μmの間に調整しておけば、種結晶表面温度が1420℃~1460℃の間で融液温度を変化させた場合でも、種結晶7が完全溶融する事は無く、高い確実性をもって種付けすることが可能となることが分かる。

【0068】

なお、急昇温時の昇温速度は、種結晶7の周囲に形成されたシリカ薄膜8の厚みによって調整でき、再利用する新たな種結晶の切り出し厚みは3 mmから20 mmの範囲に制御されていれば高い確実性をもって種付けすることが可能となる。従って、厚みは鑄型内温度制御の精度とコストの兼ね合いで決定される。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鑄型を示す図であり、(a)は概略断面図、(b)は(a)の底部、特に種結晶部分を拡大して示す断面図である。

【図2】本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる装置を示す概略断面図である。

【図3】本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鑄型を示す図であり、(a)は概略断面図であり、(b)は(a)の底部、特に種結晶部分を拡大して示す断面図である。

【図4】本発明の半導体インゴットの製造方法に用いる鑄型における熱電対の形成位置を

示す概略断面図である。

【図 5】本発明の半導体インゴットの製造方法において、半導体融液の加熱時における鋳型底部の温度推移を示した図である。

【図 6】本発明の種結晶における薄膜厚みと種結晶残存率との関係を示す図である。

【符号の説明】

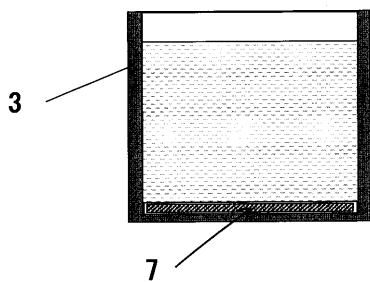
【 0 0 7 0 】

- 1 : 坩堝
- 1 a : 熔融坩堝
- 1 b : 保持坩堝
- 2 : 注液口
- 3 : 鋳型
- 4 : 加熱手段
- 5 : 半導体融液（シリコン融液）
- 6 : 鋳型底板
- 7 : 種結晶
- 8 : シリカ（薄膜）
- 9 : 半導体インゴット（凝固層）

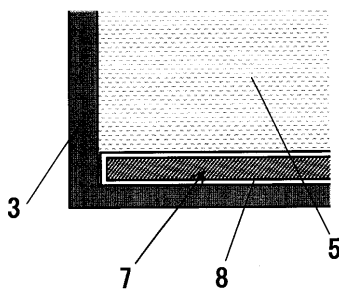
10

【図 1】

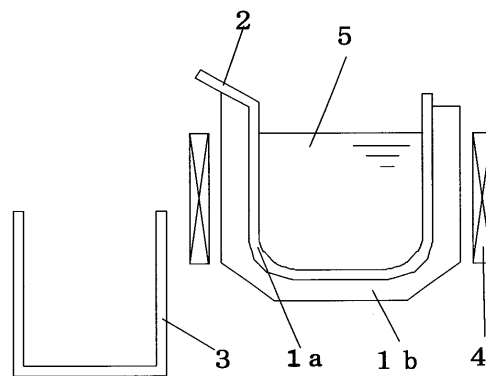
(a)



(b)

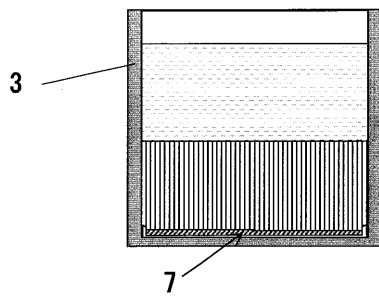


【図 2】

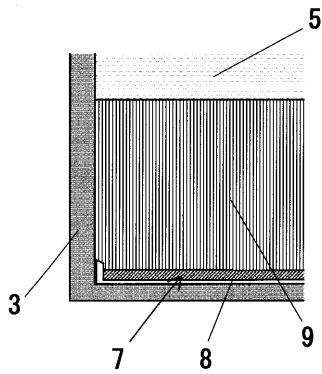


【図 3】

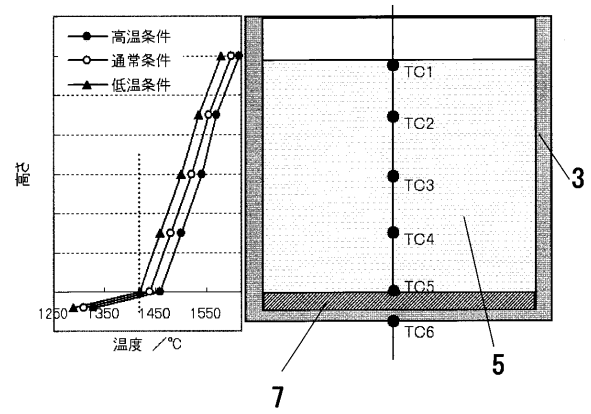
(a)



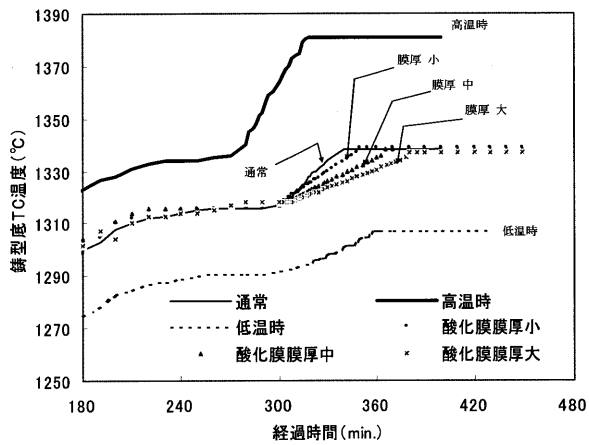
(b)



【図 4】



【図 5】



【図 6】

