

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4918473号
(P4918473)

(45) 発行日 平成24年4月18日(2012.4.18)

(24) 登録日 平成24年2月3日(2012.2.3)

(51) Int.Cl.		F I		
C 3 O B	29/06	(2006.01)	C 3 O B	29/06 5 O 2 B
C 3 O B	15/10	(2006.01)	C 3 O B	15/10
C O 3 B	20/00	(2006.01)	C O 3 B	20/00 H

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-323420 (P2007-323420)	(73) 特許権者	592176044
(22) 出願日	平成19年12月14日(2007.12.14)		ジャパンスーパークォーツ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-143770 (P2009-143770A)		秋田県秋田市茨島5丁目14番3号
(43) 公開日	平成21年7月2日(2009.7.2)	(74) 代理人	100076679
審査請求日	平成22年6月15日(2010.6.15)		弁理士 富田 和夫
		(74) 代理人	100139240
			弁理士 影山 秀一
		(72) 発明者	佐藤 忠広
			秋田県秋田市茨島5丁目14番3号 ジャ
			パンスーパークォーツ株式会社 開発セン
			ター内
		審査官	若土 雅之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度を有する大径シリコン単結晶インゴット引上げ用高純度石英ガラスルツボ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気泡含有率：1～10%にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの外側層と、気泡含有率：0.6%以下にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの内側層の2重積層構造を有する大径シリコン単結晶インゴット引上げ用高純度石英ガラスルツボにおいて、

上記高純度石英ガラスルツボ本体のルツボ開口上端から上方に伸長して、酸化アルミニウム、酸化カルシウム、酸化バリウム、炭酸カルシウム、および炭酸バリウムのうちの1種または2種以上からなる結晶化促進剤を高純度石英ガラスとの含量に占める割合で、0.01～1質量%配合した高純度石英ガラスのリング状切り捨て部を設けた溶融成形の高純度石英ガラスルツボ素材から前記リング状切り捨て部を切断除去してなる高純度石英ガラスルツボにして、前記高純度石英ガラスルツボにおけるルツボ開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間、またはこの間のルツボ開口上端から40容量%以上の部分を、前記高純度石英ガラスルツボ素材の溶融成形時における前記リング状切り捨て部に配合した結晶化促進剤の作用で、前記結晶化促進剤を含有しない結晶組織としたこと、

を特徴とする高強度を有する大径シリコン単結晶インゴット引上げ用高純度石英ガラスルツボ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、半導体用シリコン単結晶インゴットの引上げに用いられる高純度石英ガラスルツボに係り、特に大径のシリコン単結晶インゴット（以下、単に単結晶インゴットという）の引上げに用いた場合に、単結晶インゴットにおけるピンホール欠陥の発生を抑制した状態で、変形やゆがみなどの発生を防止することができる高強度を有する高純度石英ガラスルツボ（以下、単に石英ルツボという）に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、一般に、図3(a), (b)に概略縦断面図で例示される通り、原料粉末として、平均粒径：200～300 μm にして、純度：99.99%以上の高純度石英ガラス粉末を用い、これを黒鉛モールド内面と中子外面で形成された間隙、例えば30mmの間隙に前記黒鉛モールドを60～80rpmの速度で回転させながら充填し[図3(a)参照]、充填後、前記中子を取り出し、前記黒鉛モールドを50～100rpmの速度で回転させながら、黒鉛電極を用いた三相交流アーク放電装置を上方開口より挿入し、これを黒鉛モールド内面に沿って上下に往復動させて黒鉛モールド内温度を約2000に加熱し、一方、前記黒鉛モールド内に、この内面に開口して設けた通気路を通して真空引きを行いながら、前記原料粉末を溶融し、固化することにより、例えば厚さが10mmとなる石英ルツボを製造することが知られている[図3(b)参照]。

【0003】

また、この結果得られた石英ルツボが、気泡含有率（単位体積当りの石英ガラス中に含まれる気泡の全体積を百分率で表したもの）：1～10%にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの外側層と、気泡含有率：0.6%以下にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの内側層の2重積層構造を有し、かつ前記内側層と外側層の厚さの比が通常1：1～5の割合となることも知られている[例えば図2参照]。

【0004】

さらに、単結晶インゴットが、図4に概略縦断面図で示される通り、黒鉛支持体に装着された石英ルツボ内に高純度多結晶シリコン塊を装入し、前記黒鉛支持体の外周に沿って設けたヒーターによって前記多結晶シリコン塊を溶融して、シリコン融液とし、前記シリコン融液の温度を1500～1600の範囲内の所定の温度に加熱保持すると共に、前記石英ルツボを回転しながら、減圧下でのArガス雰囲気中で、シリコン種結晶を同じく回転させながら前記シリコン融液面に当接し、これを引上げることににより製造されることもよく知られるところである。

また、上記の単結晶インゴットの製造において、同じく図4に示されるように、シリコン融液は石英ルツボ内を単結晶インゴット底部からルツボ底部に下がり、ルツボ底部から内面に沿って下から上に向かって流れ、単結晶インゴット底部に向う対流によって移動し、この間前記シリコン融液とルツボ内面(SiO₂)とが反応してSiOガスが発生するが、この発生SiOガスは前記シリコン融液の流れに乗ってシリコン融液面に移動し、ここで減圧Arガス雰囲気中に放出されて、除去され、引上げ中の単結晶インゴット内に取込まれてピンホール欠陥とならないように引上げ条件を調整しながら製造されている。

【0005】

さらに、単結晶インゴット引上げ中の石英ルツボの変形およびゆがみを防止して、石英ルツボの使用寿命の延命化を図る目的で、例えばアルカリ土類金属の酸化物、水酸化物、および炭酸塩などからなる結晶化促進剤を、石英ルツボの内側層と外側層の間に介在させたり、あるいはこれをルツボ開口上端部の外周面に沿って塗布し、溶融成形中に前記結晶化促進剤の作用で非晶質組織を結晶組織に変化させて、石英ルツボの強度を向上させる取り組みもなされている。

【特許文献1】特開平11-171687号公報

【特許文献2】特開2006-124235号公報

【特許文献3】特開2005-255488号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年の単結晶インゴットは大径化の傾向にあり、直径が200～300mmの大径の単結晶インゴットの製造が現実のものとなりつつあり、これに伴って、石英ルツボも大径化し、内径が610～810mmの石英ルツボが必要となり、この結果石英ルツボには高強度が要求されることから、当然高強度を有する結晶組織の石英ルツボの使用が不可避となるが、上記の結晶化促進剤の作用で非晶質組織を結晶組織に変化させて高強度を具備せしめた従来石英ルツボにおいては、単結晶インゴットの大径化による引上げ時間の長時間化と相俟って、ルツボ内に存在する結晶化促進剤の作用で、引上げ中も結晶化が進行し、結晶粒はより一層微細化し、結晶粒界が一段と増加するようになり、一方シリコン融液(Si)とルツボ内面(SiO₂)との反応は、非晶質(ガラス質)組織に比して、結晶粒界で活発に起こることから、SiOガスの発生も飛躍的に増大することになり、この大量の発生SiOガスをシリコン融液面での減圧Arガス雰囲気中への放出で十分に除去することは困難であることから、シリコン融液の流れに乗って引上げ中の単結晶インゴットの底部に移動し、これに取込まれてピンホール欠陥となるのを避けることができないのが現状である。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

そこで、本発明者等は、上述のような観点から、大径単結晶インゴット引上げ用石英ルツボに着目し、研究を行った結果、

20

(a) 石英ルツボの単結晶インゴット引上げ中の強度は、ルツボ開口上端部の強度によって決まり、したがって、前記ルツボ開口上端部に高強度が確保できれば、すなわちルツボ開口上端部だけが結晶組織で、その他の部分(実質的にシリコン融液面のインゴット引上げ開始ライン以下)が非晶質組織であっても石英ルツボは単結晶インゴット引上げ中も高強度を保持するので、石英ルツボの変形やゆがみを防止することができること。

【0008】

(b) 上記の従来石英ルツボに見られる通り、石英ルツボ内に結晶化促進剤が存在した状態で実用(単結晶インゴット引上げ)に供すると、前記結晶化促進剤の作用で単結晶インゴット引上げ中に石英ルツボの更なる結晶化が進行して、結晶は微細化し、この結果結晶粒界が増大し、結晶粒界でのSi+SiO₂反応が活発に起こるようになって引上げ中の単結晶インゴットにおけるピンホール欠陥の発生が促進するようになるが、石英ルツボ中に前記結晶化促進剤が存在しなければ、引上げ中の石英ルツボに結晶化進行作用(結晶粒界増加作用)は起こらないこと。

30

【0009】

(c) したがって、図2に本発明石英ルツボ素材が半部概略縦断面図で示される通り、石英ルツボの成形時にルツボ開口上端から上方に伸長して高純度石英ガラスのリング状切り捨て部を設け、結晶化促進剤を酸化アルミニウム(以下、Al₂O₃で示す)、酸化カルシウム(以下、CaOで示す)、酸化バリウム(以下、BaOで示す)、炭酸カルシウム(以下、CaCO₃で示す)、および炭酸バリウム(以下、BaCO₃で示す)のうちの1種または2種以上に特定した上で、これを前記リング状切り捨て部に前記高純度石英ガラスとの含量に占める割合で、0.01～1質量%配合し、この状態で石英ルツボ素材の溶解成形を行なうと、前記結晶化促進剤の作用で、図1に本発明石英ルツボの開口上端部が要部概略縦断面図で示される通り、石英ルツボ本体の開口上端部が結晶組織となり、この結晶組織を、前記結晶化促進剤の配合割合を調整して、石英ルツボ本体の開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間、またはこの間の前記ルツボ開口上端から40容量%以上の部分とすると、内径が610～810mmの大径の石英ルツボでも、単結晶インゴット引上げ中、変形やゆがみなどの発生のない高強度を具備したものとなること。

40

【0010】

50

(d) 上記石英ルツボ素材の溶融成形後、上記の結晶化促進剤を配合したリング状切り捨て部を除去した石英ルツボ本体には、前記結晶化促進剤は存在しないので、単結晶インゴット引上げ中に非晶質部分(上記の石英ルツボ本体の開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間の結晶化部分を除いた残りの部分)の更なる結晶化は起こらず、非晶質組織のまま存在するので、SiO₂ガスの発生が結晶組織に比して著しく抑制され、この結果単結晶インゴットにおけるピンホール欠陥の発生が抑制され、この現象は直径が200~300mmの大径の単結晶インゴットにおいても同様であること。

以上(a)~(d)に示される研究結果を得たのである。

【0011】

この発明は、上記の結果に基づいてなされたものであって、気泡含有率：1~10%にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの外側層と、気泡含有率：0.6%以下にして、純度：99.99%以上の高純度非晶質石英ガラスの内側層の2重積層構造を有する大径単結晶インゴット引上げ用の石英ルツボにおいて、

上記石英ルツボ本体のルツボ開口上端から上方に伸長して、Al₂O₃、CaO、BaO、CaCO₃、およびBaCO₃のうちの1種または2種以上からなる結晶化促進剤を高純度石英ガラスとの含量に占める割合で、0.01~1質量%配合した高純度石英ガラスのリング状切り捨て部を設けた溶融成形の石英ルツボ素材から前記リング状切り捨て部を切断除去してなる石英ルツボにして、前記石英ルツボにおけるルツボ開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間、またはこの間のルツボ開口上端から40容量%以上の部分を、前記石英ルツボ素材の溶融成形時における前記リング状切り捨て部に配合した結晶化促進剤の作用で、前記結晶化促進剤を含有しない結晶組織としてなる、高強度を有する大径単結晶インゴット引上げ用石英ルツボ。

【0012】

なお、この発明の石英ルツボの溶融成形に際して、リング状切り捨て部に配合される結晶化促進剤の割合を0.01~1質量%としたのは、その割合が0.01質量%未満では石英ルツボ本体の開口上端部における結晶組織の割合をルツボ開口上端から40容量%以上にすることができないことから、石英ルツボ本体に所望の高強度を確保することができず、この結果内径が610~810mmの大径の石英ルツボでは強度不足が原因で変形やゆがみなどが発生し易くなり、一方、その割合が1質量%を超えると、石英ルツボの溶融成形中に、シリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインを超えてルツボ内部に向かって結晶化が進行し、結晶組織がシリコン融液と接触する帯域が生じるようになり、この帯域では上記の通り結晶粒界でのSiO₂ガス発生の活性化によって単結晶インゴットにピンホール欠陥が発生し易くなる、という理由によるものである。

【発明の効果】

【0013】

この発明の石英ルツボによれば、直径が200mm~300mmの大径の単結晶インゴットの引上げ用として、これを610~810mmの内径に大径化しても、前記石英ルツボの開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間、またはこの間の前記ルツボ開口上端から40容量%以上の部分に形成した結晶組織によって、前記石英ルツボに変形やゆがみなどの発生を防止することができる高強度を確保することができ、一方成形後の石英ルツボ内には結晶化促進剤が存在しないので、実質的にシリコン融液と接触するルツボ内面は単結晶インゴット引上げ中、非晶質組織が保持されるので、ルツボ内面のシリコン融液との反応が結晶組織に比して一段と抑制され、この結果発生SiO₂ガスが原因の単結晶インゴットにおけるピンホール欠陥の発生を抑制することができるようになる、などの顕著な作用効果がもたらされるのである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

つぎに、この発明の石英ルツボを実施例により具体的に説明する。

【実施例】

【0015】

(A) 図3(a), (b)に示される製造プロセスに従い、通常の条件で、ルツボ本体を形成する目的で、原料粉末として、平均粒径：250 μmを有する純度：99.998質量%の高純度石英ガラス粉末を用い、これを黒鉛モールド内面と中子外面で形成された30mmの間隙に前記黒鉛モールドおよび中子を65rpmの速度で回転させながら充填し、さらにルツボ本体の開口上端から上方に20mmの高さ(幅)で伸長し、これと一体となったリング状切り捨て部を形成する目的で、前記原料粉末にそれぞれ表1に示される割合の結晶化促進剤を配合し、混合した混合原料粉末を同じく充填し、充填後、前記中子を取り出し、前記黒鉛モールドを65rpmの速度で回転させながら、黒鉛電極を用いた三相交流アーク放電装置を上方開口より挿入し、これを黒鉛モールド内面に沿って上下に往復動させて黒鉛モールド内温度を約2000に加熱し、一方、前記黒鉛モールド内に、この内面に開口して設けた通気路を通して真空引きを行いながら、前記原料粉末を溶解し、固化することにより、ルツボ本体と結晶化促進剤を含有した高さ(幅)：20mmのリング状切り捨て部からなる図2に示される構造の本発明石英ルツボ素材を成形し、ついで、前記本発明石英ルツボ素材からリング状切り捨て部をダイヤモンドカッターを用いて切断除去して、外径：610mm、深さ：400mm、厚さ：10mmの寸法を有すると共に、シリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインがルツボ開口上端から40mm下の位置にあり、かつ、気泡含有率：0.1%にして、純度：99.994%、厚さ：2mmの高純度石英ガラスの内側層と、気泡含有率：4.5%にして、純度：99.998%、厚さ：8mmの同じく高純度石英ガラスの外側層で構成された2重積層構造を有する、図1に示される構造のルツボ上端部に結晶化促進剤を含有しない直径：200mmの単結晶インゴット引上げ用本発明石英ルツボ1~9をそれぞれ5個ずつ製造した。

10

20

【0016】

(B) 上記リング状切り捨て部の高さ(幅)を50mmとし、かつこれに配合される結晶化促進剤の割合を表1に示される通りとする以外は、上記(A)の本発明石英ルツボ1~9の製造手法と同じ方法にて、外径：810mm、深さ：480mm、厚さ：10mmの寸法を有すると共に、シリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインがルツボ開口上端から50mm下の位置にあり、かつ、気泡含有率：0.1%にして、純度：99.997%、厚さ：2mmの高純度石英ガラスの内側層と、気泡含有率：4.5%にして、純度：99.998%、厚さ：8mmの同じく高純度石英ガラスの外側層で構成された2重積層構造を有する、同じく図1に示される構造のルツボ開口上端部に結晶化促進剤を含有しない直径：300mmの単結晶インゴット引上げ用本発明石英ルツボ10~18をそれぞれ5個ずつ製造した。

30

【0017】

(C) また、図3(a), (b)に示される製造プロセスに従い、通常の条件で、原料粉末として、平均粒径：250 μmを有する純度：99.998質量%の高純度石英ガラス粉末を用い、これを黒鉛モールド内面と中子外面で形成された30mmの間隙に前記黒鉛モールドおよび中子を65rpmの速度で回転させながら、最終ルツボ寸法から10mm短い位置まで充填し、ついで、前記原料粉末にそれぞれ表1に示される割合の結晶化促進剤を配合し、混合した混合原料粉末を最終ルツボ寸法になるまで充填し、充填後、前記中子を取り出し、前記黒鉛モールドを65rpmの速度で回転させながら、黒鉛電極を用いた三相交流アーク放電装置を上方開口より挿入し、これを黒鉛モールド内面に沿って上下に往復動させて黒鉛モールド内温度を約2000に加熱し、一方、前記黒鉛モールド内に、この内面に開口して設けた通気路を通して真空引きを行いながら、前記原料粉末を溶解し、固化することにより、ルツボ上端部に開口上端から10mm下の位置まで結晶化促進剤を含有し、外径：610mm、深さ：400mm、厚さ：10mmの寸法を有すると共に、シリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインがルツボ開口上端から40mm下の位置にあり、かつ、気泡含有率：0.1%にして、純度：99.994%、厚さ：2mmの高純度石英ガラスの内側層と、気泡含有率：4.5%にして、純度：99.998%、厚さ：8mmの同じく高純度石英ガラスの外側層で構成された2重積層構造を有する、ルツボ上端部に結晶化促進剤を含有した直径：200mmの単結晶インゴット引上げ用従来

40

50

石英ルツボ 1 ~ 9 をそれぞれ 5 個ずつ製造した。

【 0 0 1 8 】

(D) ルツボ上端部に開口上端から 1 0 m m 下の位置まで結晶化促進剤を含有し、かつこれに配合される結晶化促進剤の割合を表 1 に示される通りとする以外は、上記 (C) の従来石英ルツボ 1 ~ 9 の製造手法と同じ方法にて、外径： 8 1 0 m m、深さ： 4 8 0 m m、厚さ： 1 0 m m の寸法を有すると共に、シリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインがルツボ開口上端から 5 0 m m 下の位置にあり、かつ、気泡含有率： 0 . 1 % にして、純度： 9 9 . 9 9 7 %、厚さ： 2 m m の高純度石英ガラスの内側層と、気泡含有率： 4 . 5 % にして、純度： 9 9 . 9 9 8 %、厚さ： 8 m m の同じく高純度石英ガラスの外側層で構成された 2 重積層構造を有する、ルツボ上端部に結晶化促進剤を含有する直径： 3 0 0 m m の単結晶インゴット引上げ用従来石英ルツボ 1 0 ~ 1 8 をそれぞれ 5 個ずつ製造した。

10

【 0 0 1 9 】

ついで、この結果得られた本発明石英ルツボ 1 ~ 1 8 および従来石英ルツボ 1 ~ 1 8 について、ルツボ開口上端からの結晶化率を光学顕微鏡を用いて観察し、ルツボ開口上端からシリコン融液面のインゴット引き上げ開始ラインまで結晶化した場合を 1 0 0 容量 % の結晶化率とし、これに対する割合で、ルツボ 5 個の平均値として表 1 , 2 (インゴット引上げ前の欄) に示した。

【 0 0 2 0 】

つぎに、上記の通りそれぞれ 5 個ずつ用意された本発明石英ルツボ 1 ~ 1 8 および従来石英ルツボ 1 ~ 1 8 を用いて、図 4 に示される引上げ装置にて、通常の場合で、それぞれ直径： 2 0 0 m m および 3 0 0 m m の単結晶インゴットを引上げ製造した。この場合前記本発明石英ルツボ 1 ~ 1 8 および従来石英ルツボ 1 ~ 1 8 における 1 種類の石英ルツボ毎に 5 本の単結晶インゴットが製造されることになるが、1 本の単結晶インゴットから、直径が 2 0 0 m m のものからは厚さ： 7 2 5 μ m のウエーハを 1 0 0 0 枚、直径が 3 0 0 m m のものからは厚さ： 7 7 5 μ m のウエーハを 8 0 0 枚切出し、それぞれ 5 本の単結晶インゴットから切出された合計ウエーハについて、ウエーハ上下面を検査装置を用いて検査し、直径： 3 0 μ m 以上の窪みが存在したウエーハをピンホール欠陥発生ウエーハとし、その枚数を表 1 , 2 に示した。

20

また、単結晶インゴット引上げ後の本発明石英ルツボ 1 ~ 1 8 および従来石英ルツボ 1 ~ 1 8 について、同じくルツボ開口上端からの結晶化率を光学顕微鏡を用いて観察し、ルツボ開口上端からシリコン融液面のインゴット引き上げ開始ラインまでの結晶化率を 1 0 0 容量 % とし、これに対する割合で、ルツボ 5 個の平均値として表 1 , 2 (インゴット引上げ後の欄) に示した。

30

なお、単結晶インゴット引上げ後の本発明石英ルツボ 1 ~ 1 8 および従来石英ルツボ 1 ~ 1 8 について、ルツボ開口上端の内径を内周に沿って 1 0 箇所測定したところ、いずれのルツボも最大値と最小値の差が 1 m m 以下の範囲内にあり、変形のきわめて少ないものであった。

【 0 0 2 1 】

【表 1】

種別	切り捨て部の 結晶化促進剤 の配合割合 (質量%)	ルツボ開口上端 からの結晶化率 (容量%)		ピンホール 欠陥発生 ウェーハ の枚数 (枚)	
		インゴット 引上げ前	インゴット 引上げ後		
本発明 石英 ルツボ	1	Al ₂ O ₃ :1%	98.3	98.9	31
	2	CaO:0.5%	85.5	86.5	22
	3	BaO:0.1%	74.3	75.4	21
	4	CaCO ₃ :0.05%	64.8	65.8	24
	5	BaCO ₃ :0.01%	42.0	42.2	26
	6	Al ₂ O ₃ :0.3%、 CaO:0.3%	94.1	94.6	22
	7	CaO:0.01%、 BaCO ₃ :0.01%	50.4	51.3	21
	8	BaO:0.06%、 CaCO ₃ :0.04%	72.9	73.8	20
	9	Al ₂ O ₃ :0.1%、 BaO:0.2%、 CaCO ₃ :0.3%	95.2	95.9	29
	10	Al ₂ O ₃ :0.06%	66.1	66.6	28
	11	CaO:0.2%	76.4	76.7	26
	12	BaO:0.8%	95.4	96.3	32
	13	CaCO ₃ :0.01%	40.6	40.7	27
	14	BaCO ₃ :0.25%	77.4	78.3	30
	15	Al ₂ O ₃ :0.2%、 BaO:0.1%	79.2	80.0	27
	16	CaO:0.35%、 BaCO ₃ :0.15%	85.7	85.9	31
	17	BaCO ₃ :0.3%、 CaCO ₃ :0.1%	82.5	83.1	28
	18	Al ₂ O ₃ :0.05%、 CaO:0.05%、 CaCO ₃ :0.05%	75.6	76.5	26

10

20

30

40

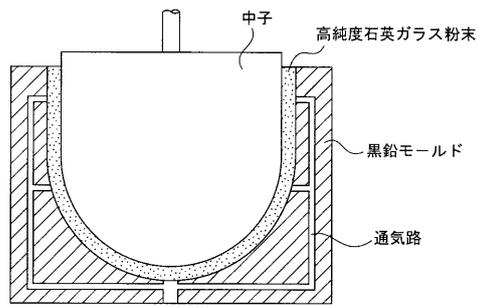
【表 2】

種別	ルツボ開口上端部の結晶化促進剤の配合割合(質量%)	ルツボ開口上端からの結晶化率(容量%)		ピンホール欠陥発生ウェーハの枚数(枚)	
		インゴット引上げ前	インゴット引上げ後		
従来石英ルツボ	1	Al ₂ O ₃ :1%	118.8	361.0	108
	2	CaO:0.5%	109.0	343.2	116
	3	BaO:0.1%	97.3	266.7	107
	4	CaCO ₃ :0.05%	90.5	257.9	91
	5	BaCO ₃ :0.01%	64.0	155.9	98
	6	Al ₂ O ₃ :0.3%、 CaO:0.3%	112.5	355.7	103
	7	CaO:0.01%、 BaCO ₃ :0.01%	79.0	170.7	93
	8	BaO:0.06%、 CaCO ₃ :0.04%	90.8	254.1	99
	9	Al ₂ O ₃ :0.1%、 BaO:0.2%、 CaCO ₃ :0.3%	114.6	356.4	111
	10	Al ₂ O ₃ :0.06%	92.8	263.4	118
	11	CaO:0.2%	94.4	314.6	117
	12	BaO:0.8%	113.9	358.2	124
	13	CaCO ₃ :0.01%	60.2	149.7	110
	14	BaCO ₃ :0.25%	95.9	316.0	115
	15	Al ₂ O ₃ :0.2%、 BaO:0.1%	96.8	321.2	124
	16	CaO:0.35%、 BaCO ₃ :0.15%	108.9	331.7	121
	17	BaCO ₃ :0.3%、 CaCO ₃ :0.1%	105.3	328.6	127
	18	Al ₂ O ₃ :0.05%、 CaO:0.05%、 CaCO ₃ :0.05%	99.8	274.1	122

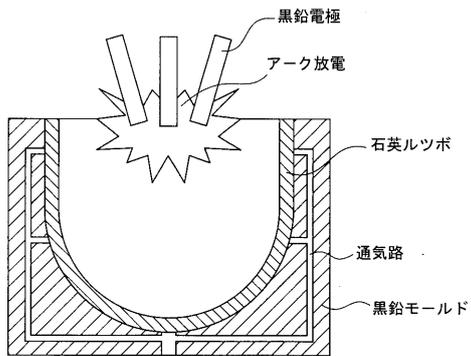
【0023】

表1, 2に示される結果から、本発明石英ルツボ1~18は、直径が200~300mmの大径の単結晶インゴットの引上げ用として、これを610~810mmの外径に大径化しても、ルツボの開口上端とシリコン融液面のインゴット引上げ開始ラインとの間、またはこの間の前記ルツボ開口上端から40容量%以上の部分に形成した結晶組織によって単結晶インゴット引上げ時のルツボ変形を抑制することができる高強度を有し、かつ前記

【図3】

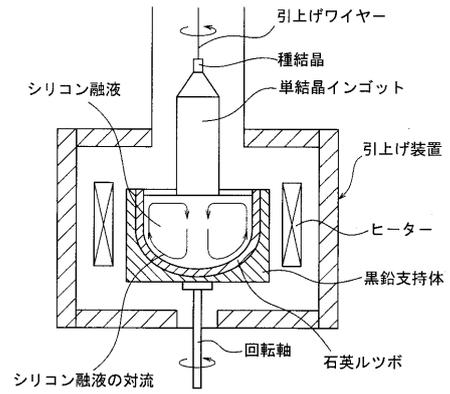


(a)



(b)

【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-007746(JP,A)
特開平01-148782(JP,A)
国際公開第02/014587(WO,A1)
特開昭63-222091(JP,A)
特開平07-172977(JP,A)
特開平06-056446(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 1/00-35/00