(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7585333号
(P7585333)

(45)発行日　令和6年11月18日(2024.11.18)

(24)登録日　令和6年11月8日(2024.11.8)

(51)国際特許分類

Ｃ３０Ｂ　29/06　(2006.01)	Ｃ３０Ｂ	29/06	５０２Ｂ
Ｃ３０Ｂ　15/12　(2006.01)	Ｃ３０Ｂ	15/12	

ＦＩ

請求項の数　25　（全15頁）

(21)出願番号　特願2022-549964(P2022-549964)
(86)(22)出願日　令和2年12月31日(2020.12.31)
(65)公表番号　特表2023-514699(P2023-514699A)
(43)公表日　令和5年4月7日(2023.4.7)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/067618
(87)国際公開番号　WO2021/167700
(87)国際公開日　令和3年8月26日(2021.8.26)
審査請求日　令和5年12月25日(2023.12.25)
(31)優先権主張番号　16/796,482
(32)優先日　令和2年2月20日(2020.2.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　16/796,522
(32)優先日　令和2年2月20日(2020.2.20)
最終頁に続く

(73)特許権者　518112516
グローバルウェーハズ カンパニー リミテッド
ＧｌｏｂａｌＷａｆｅｒｓ Ｃｏ．，Ｌｔｄ．
台湾 ３００７５ シンチュ シンチュ サイエンス パーク インダストリー イー．ロード セカンド ナンバー８
(74)代理人　100145403
弁理士　山尾 憲人
(74)代理人　100111039
弁理士　前堀 義之
(74)代理人　100112911
弁理士　中野 晴夫
(72)発明者　フィリップス，リチャード ジョセフ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ユニット化るつぼアセンブリを形成するための方法、るつぼ鋳型、およびユニット化るつぼ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

チョクラルスキ法によりシリコンインゴットを形成するためのシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼアセンブリを形成する方法であって、

ユニット化るつぼアセンブリは、底部；底部から上方に延びる外側側壁；底部から上方に延びる中央堰；および、底部から上方に延びる内側堰であって、中央堰は外側側壁と内側堰の間に配置される内側堰、を含み、

この方法は、

鋳型を提供する工程であって、該鋳型は、

底部チャネル；

底部チャネルから延びる外側側壁チャネル；

底部チャネルから延びる中央堰チャネル；

底部チャネルから延びる内側堰チャネルであって、中央堰チャネルは外側側壁チャネルと内側堰チャネルとの間に配置される、内側堰チャネル；

中央堰チャネルを通って延び、ユニット化るつぼアセンブリの中央堰に開口部を形成し、シリコン融液が中央堰を通過することを可能にする中央堰ペグ；および、

内側堰チャネルを通って延び、ユニット化るつぼアセンブリの内側堰に開口部を形成し、シリコン融液が内側堰を通過することを可能にする内側堰ペグ；を含むチャネルネットワークを有する工程と、

スリップスラリーをチャネルネットワークに導入して、底部チャネル、外側側壁チャネ

ル、中央堰チャネル、および内側堰チャネルをスリップスラリーで満たし、スリップスラリーはシリカと液体キャリアを含む工程と、
液体キャリアの少なくとも一部をチャネルネットワークから除去して、グリーンボディを形成する工程と、
グリーンボディをるつぼ鋳型から分離する工程と、
グリーンボディを焼結して乾燥および緻密化し、ユニット化るつぼアセンブリを形成する工程と、を含む方法。
【請求項２】
鋳型は多孔質体を含み、毛細管現象によって液体キャリアを鋳型に引き込む請求項１に記載の方法。
【請求項３】
多孔質体は、多孔質シリカからなる請求項２に記載の方法。
【請求項４】
グリーンボディの含水率は、５０重量％未満である請求項１に記載の方法。
【請求項５】
グリーンボディは、１２００℃から１８００℃の温度で焼結される請求項１に記載の方法。
【請求項６】
底部チャネル、外側側壁チャネル、中央堰チャネル、および内側堰チャネルは、それぞれ互いに流体接続されている請求項１に記載の方法。
【請求項７】
底部チャネルは、丸みを帯び、ユニット化るつぼアセンブリは透明で、単層の底部を含む請求項６に記載の方法。
【請求項８】
単結晶シリコンインゴットを成長させる方法であって、
請求項１に記載の方法によりユニット化るつぼアセンブリを提供する工程；
外側側壁と中央堰との間に配置されたるつぼ融液ゾーンに多結晶シリコンを添加してシリコン融液を形成する工程であって、シリコン融液は中央堰の開口部を通って中央堰と内側堰との間に配置された安定ゾーンに流れ、シリコン融液は内側堰の開口部を通って内側堰の中に配置された成長ゾーンに流れる工程；
成長ゾーン内のシリコン融液を種結晶に接触させる工程；および、
種結晶をシリコン融液から引上げて、単結晶シリコンインゴットを形成する工程；を含む方法。
【請求項９】
スリップスラリーおよび／または鋳型は、１ｐｐｍｗ未満のカルシウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のナトリウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のカリウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のリチウム濃度、および０．５ｐｐｍｗ未満の鉄濃度を有するユニット化るつぼアセンブリを形成するように選択される請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
チョクラルスキ法によりシリコンインゴットを形成するためにシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼアセンブリを形成する方法であって、
ユニット化るつぼアセンブリは、底部；底部から上方に延びる外側側壁；および、底部から上方に延びる内側堰であって、外側側壁の半径方向内側に配置される内側堰；を含み、
この方法は、
多孔質体および多孔質体の内部に配置されたチャネルネットワークを含む鋳型を提供する工程であって、チャネルネットワークは、
底部チャネル；
底部チャネルから延びる外側側壁チャネル；
底部チャネルから延び、外側側壁チャネルの内側に配置される内側堰チャネル；および、

内側堰チャネルを通って延び、ユニット化るつぼアセンブリの内側堰に開口部を形成して、シリコン融液が内側堰を通過することを可能にする内側堰ペグ、を含む工程；
スリップスラリーをチャネルネットワークに導入して、底部チャネル、外側側壁チャネル、および内側堰チャネルをスリップスラリーで満たす工程であって、スリップスラリーはシリカと液体キャリアとを含む工程；
液体キャリアの少なくとも一部を毛細管現象によって鋳型に引き込み、グリーンボディを形成する工程；
グリーンボディをるつぼ鋳型から分離する工程；および、
グリーンボディを焼成し、グリーンボディを乾燥および緻密化してユニット化るつぼアセンブリを形成する工程；
を含む方法。
【請求項１１】
鋳型は多孔質体を含み、毛細管現象によって液体キャリアを鋳型に引き込む請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
多孔質体は、多孔質シリカから形成される請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
グリーンボディの含水率は、５０重量％未満である請求項１０に記載の方法。
【請求項１４】
底部チャネル、外側側壁チャネル、および内側堰チャネルは、それぞれ互いに流体接続されている請求項１０に記載の方法。
【請求項１５】
底部チャネルは、丸みを帯びて、ユニット化るつぼアセンブリは透明で、単層の底部を含む請求項１４に記載の方法。
【請求項１６】
スリップスラリーおよび／または鋳型は、１ｐｐｍｗ未満のカルシウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のナトリウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のカリウム濃度、０．５ｐｐｍｗ未満のリチウム濃度、および０．５ｐｐｍｗ未満の鉄濃度を有するユニット化るつぼアセンブリを形成するように選択される請求項１０に記載の方法。
【請求項１７】
下部部分；
下部部分の上に配置された上部部分であって、
中央堰チャネル；および、
内側堰チャネル、
を形成する上部部分；を含むるつぼ鋳型であって、
上部部分および下部部分は、一緒になって、
底部チャネル；
底部チャネルに流体接続され、中央堰チャネルおよび内側堰チャネルは底部チャネルから延びる、側壁チャネル；および、
中央堰チャネルを横切って横方向に延び、鋳型から形成されたるつぼの中央堰に開口部を形成する中央堰ペグ；を形成するるつぼ鋳型。
【請求項１８】
上部部分はフランジを含み、フランジが下部部分の上に載っている請求項１７に記載のるつぼ鋳型。
【請求項１９】
るつぼ鋳型は、多孔質である請求項１７に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２０】
るつぼ鋳型は、多孔質シリカから形成される請求項１９に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２１】
内側堰チャネルを横切って横方向に延び、鋳型から形成されたるつぼの内側堰の開口部

を形成する内側堰ペグを含む請求項１７に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２２】
底部チャネルは、丸みを帯びている請求項１７に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２３】
上部部分は下面を有する本体を有し、下部部分は上面を有する本体を有し、下面および上面は底部チャネルおよび側壁チャネルを形成する請求項１７に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２４】
上部部分は、上部部分の本体から延びるフランジを含み、フランジは、下部部分の本体上に載っている請求項２３に記載のるつぼ鋳型。
【請求項２５】
下面の少なくとも一部が丸みを帯びており、上面の少なくとも一部が丸みを帯びている請求項２３に記載のるつぼ鋳型。
【発明の詳細な説明】
【関連出願との相互参照】
【０００１】
本出願は、２０２０年２月２０日に出願された米国非仮出願特許出願第１６／７９６，４８２号、および２０２０年２月２０日に出願された米国非仮出願特許出願第１６／７９６，５２２号に対する優先権を主張するものである。両方の出願は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。
【技術分野】
【０００２】
本開示の分野は、シリコンインゴットを形成するためにシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼアセンブリを形成するための方法、特に、連続チョクラルスキシリコンインゴット成長で使用するための中央堰および内側堰を有するユニット化るつぼアセンブリを形成するための方法に関する。本開示の分野はまた、るつぼ鋳型およびユニット化るつぼに関する。
【背景技術】
【０００３】
単結晶シリコンインゴットは、単結晶シリコンシードをるつぼ内に保持されたシリコン融液と接触させる、いわゆるチョクラルスキ法によって準備される。単結晶シリコンシードを融液から引き上げて、単結晶シリコンインゴットを融液から引き上げる。インゴットは、多結晶シリコンのチャージが最初にるつぼ内で溶融され、るつぼ内の溶融シリコンが枯渇するまでシリコンインゴットが融液から引き上げられるバッチシステムで準備されてもよい。あるいは、インゴットは、インゴット成長中にシリコン融液を補充するためにポリシリコンが断続的または連続的に融液に加えられる連続チョクラルスキ方式で引き上げられてもよい。
【０００４】
連続チョクラルスキ法では、るつぼは、別々の融液ゾーンに分割されてもよい。例えば、るつぼアセンブリは、シリコンインゴットが成長する際にシリコン融液を補充するために多結晶シリコンを添加し溶融させる外側融液ゾーンを含んでもよい。シリコン融液は、外側融液ゾーンから外側融液ゾーン内の安定化ゾーンに流れ、そこで融液は熱的に安定化する。その後、シリコン融液は安定化ゾーンから成長ゾーンに流れ、そこからシリコンインゴットが引き上げられる。
【０００５】
従来、連続チョクラルスキ法によってシリコンインゴットを成長させるためのるつぼアセンブリは、米国特許第１０，４５０，６７０号に示されるるつぼアセンブリのような１つまたは複数の入れ子式るつぼを含むことができる。代替的にまたは追加的に、るつぼアセンブリは、米国特許第８，２６２，７９７号に開示されるように、るつぼの底部に接続され、そこから上方に延びる１つまたは複数の堰を含んでもよい。両方のタイプのるつぼの配置は、るつぼアセンブリ上に均一なガス流を提供するために、結晶引上げホットゾー

ンに配置されるときに、位置合わせツールの使用を伴う。どちらのタイプの構造も、るつぼアセンブリの底部に接続部を形成する必要がある（すなわち、アセンブリの底部に堰またはるつぼを取り付ける）。これらの接続は、るつぼアセンブリを変形させ、１つ以上の公差を失わせるような劣化を起こす可能性がある。

【０００６】

変形に抵抗し、アライメントツールなしで、またはより少ないアライメントツールでホットゾーンに配置することができ、より簡単に製造することができるるつぼアセンブリ、およびそのようなるつぼアセンブリを準備するための方法が必要とされる。

【０００７】

このセクションは、以下に説明および／または請求される本開示の様々な態様に関連し得る技術の様々な態様を読者に紹介することを意図している。この議論は、本開示の様々な態様のより良い理解を促進するために、読者に背景情報を提供するのに役立つと考えられる。従って、これらの記述は、この観点から読まれるべきであり、従来技術の容認としてではないことが理解されるべきである。

【発明の概要】

【０００８】

本開示の一態様は、チョクラルスキ法によりシリコンインゴットを形成するためにシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼアセンブリを形成するための方法に関する。るつぼ鋳型が提供される。この鋳型は、底部チャネルと、底部チャネルから延びる外側側壁チャネルとを含むチャネルネットワークを有する。チャネルネットワークはまた、底部チャネルから延びる中央堰チャネルと、底部チャネルから延びる内側堰チャネルとを含む。中央堰は、外側側壁チャネルと内側堰チャネルの間に配置される。スリップスラリーは、底部チャネル、外側側壁チャネル、中央堰チャネル、および内側堰チャネルをスリップスラリーで満たすためにチャネルネットワークに導入される。スリップスラリーは、シリカと液体キャリアを含む。液体キャリアは、少なくとも部分的にチャネルネットワークから除去され、グリーンボディを形成する。グリーンボディは、るつぼ鋳型から取り出される。グリーンボディを焼結して、グリーンボディを乾燥させ、緻密化して、ユニット化るつぼアセンブリを形成する。

【０００９】

本開示の別の態様は、チョクラルスキ法によりシリコンインゴットを形成するためにシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼアセンブリを形成するための方法に関する。るつぼの鋳型が提供される。鋳型は、多孔質体と、多孔質体内部に配置されたチャネルネットワークとを含む。チャネルネットワークは、底部チャネルと、底部チャネルから延びる外側側壁チャネルと、底部チャネルから延びる内側堰チャネルと、を含む。内側堰チャネルは、外側側壁チャネルの内側に配置されている。スリップスラリーは、底部チャネル、外側側壁チャネル、および内側堰チャネルをスリップスラリーで満たすためにチャネルネットワークに導入される。スリップスラリーは、シリカと液体キャリアを含む。液体キャリアは、毛細管現象により少なくとも部分的に鋳型内に引き込まれ、グリーンボディを形成する。グリーンボディは、るつぼ鋳型から分離される。グリーンボディを焼結して、グリーンボディを乾燥させ、緻密化し、ユニット化るつぼアセンブリを形成する。

【００１０】

本開示のさらに他の態様は、るつぼ鋳型に関する。るつぼ鋳型は、下部部分と、下部部分の上に配置された上部部分とを含む。上部部分は、中央堰チャネルおよび内側堰チャネルを形成する。上部部分と下部部分は、底部チャネルと、底部チャネルに流体接続された側壁チャネルを形成する。中央堰チャネルおよび内側堰チャネルは、底部チャネルから延びる。

【００１１】

本開示のさらに他の態様は、るつぼアセンブリに関する。るつぼアセンブリは、底部と、底部から上方に延びる外側側壁と、底部から上方に延びる中央堰と、底部から上方に延びる内側堰とを含む。中央堰は、外側側壁と内側堰との間に配置される。底部、外側側壁

、中央堰および内側堰はユニット化されており、（１）外側側壁と底部との接合部、（２）中央堰と底部との接合部、（３）内側堰と底部との接合部において継ぎ目がない。

【００１２】

本開示の上述の態様に関連して指摘された特徴には、様々な改良が存在する。更なる特徴もまた、同様に本開示の上述の態様に組み込まれ得る。これらの洗練された特徴および追加の特徴は、個別にまたは任意の組み合わせで存在し得る。例えば、本開示の図示された実施形態のいずれかに関連して後述する様々な特徴は、本開示の上述の側面のいずれかに、単独で、または任意の組み合わせで組み込まれてもよい。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】ユニット化るつぼアセンブリの一実施形態の断面図である。

【図２】その中に形成されたグリーンボディを有するるつぼ鋳型の一実施形態の斜視図である。

【図３】図２の線３－３に沿って切られたるつぼ鋳型およびグリーンボディの斜視断面図である。

【図４】るつぼ鋳型およびグリーンボディの平面図である。

【図５】図４の線５－５に沿って切られたグリーンボディの無いるつぼ鋳型の断面図である。

【図６】図４の線６－６に沿って切られたグリーンボディの無いるつぼ鋳型の他の断面図である。

【図７】その中に注がれたスリップスラリーを有するるつぼ鋳型の断面図である。

【図８】その中に注がれたスリップスラリーを有するるつぼ鋳型の他の断面図である。

【図９】得られたるつぼの中央堰および内側堰に開口部を形成するための中央堰ペグおよび内側堰ペグを示するつぼ鋳型の詳細な断面図である。

【００１４】

対応する参照文字は、図面全体を通して対応する部分を示す。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

本開示は、チョクラルスキ法によりシリコンインゴットを形成するためにシリコン融液を保持するためのユニット化るつぼ（例えば、一体構造）を形成するための方法に関する。本開示の実施形態によって製造され得る例示的なユニット化るつぼアセンブリ５が、図１に示されている。ユニット化るつぼアセンブリ５は、底部１７と、底部１７から上方に延びる外側側壁１０とを含む。るつぼアセンブリ５は、共に底部１７から上方に延びる中央堰２４および内側堰３１を含む。中央堰２４は、外側側壁１０と内側堰３１との間に配置される。

【００１６】

本開示の実施形態では、その中に形成されたチャネルネットワーク２０（図５、６）を有する鋳型８（図２）が提供される。鋳型８は、一緒に組み立ててチャネルネットワーク２０を形成する上部部分１２および下部部分１８を含む。以下に更に説明するように、チャネルネットワーク２０にスリップが注がれ、るつぼの形状の「グリーンボディ」４０（図２）が形成される。グリーンボディ４０は、鋳型８から取り外され、焼結されてユニット化るつぼアセンブリ５（図１）が形成される。

【００１７】

ここで、鋳型８が説明のために透明であり、チャネルネットワーク２０がその中に形成されたグリーンボディ４０と共に示されている図２～４を参照すると、チャネルネットワーク２０は底部チャネル３０と外側側壁チャネル３２を含む。チャネルネットワーク２０はまた、外側側壁チャネル３２の内側にそれぞれ配置された中央堰チャネル３４および内側堰チャネル３６を含む。中央堰チャネル３４は、内側堰チャネル３６と外側側壁チャネル３２との間に配置される。図３に示すように、外側側壁チャネル３２、中央堰チャネル３４、および内側堰チャネル３６は、底部チャネル３０に流体接続されている（すなわち

、チャネルネットワークの各チャネルは流体的に接続されて、得られるるつぼのユニット化を可能にする）。

【００１８】

鋳型８の上部部分１２は、本体４９（図５、６）と、本体４９から半径方向外側に延びるフランジ５４とを含む。本体４９は、下面５３（すなわち、底部チャネル３０および外側側壁チャネル３２の表面を形成するフランジ５４の下の面）を有する。

【００１９】

鋳型８の下部部分１８はまた、本体５６を含む。本体５６は、上面５９（すなわち、底部チャネル３０および外側側壁チャネル３２の表面を形成する面）を有し、上面５９の内側に凹部６１を形成している。図示の実施形態では、鋳型８の上部部分１２の本体４９の下面５３の少なくとも一部と、鋳型８の下部部分１８の上面５９の少なくとも一部とは、丸みを帯びたるつぼ底部１７（図１）を形成するために丸みを帯びている。鋳型８を組み立てるには、フランジ５４が下部部分１８に載るまで、上部部分１２の本体４９を下部部分１８の凹部６１内に降ろす。この位置で、鋳型８の上部部分１２および下部部分１８は一緒に底部チャネル３０および外側側壁チャネル３２を形成する。

【００２０】

図示の実施形態では、底部チャネル３０は丸みを帯びている（そして、結果として得られるるつぼ底部１７（図１）は丸みを帯びている）。他の実施形態では、底部チャネル３０は、より水平または完全に水平（すなわち平坦）であってもよく、あるいは円錐または反転（例えば、中間に台座を有する）であってもよい。図５～６に示すように、側壁チャネル３２の一部は、中央堰チャネル３４よりも高く、中央堰チャネル３４の一部は、内側堰チャネル３６よりも高く、中央堰チャネル３４の一部は、内側堰チャネル３６よりも高い。他の実施形態では、チャネルは異なる相対的な高さを有してもよい（例えば、側壁チャネル３２、中央堰チャネル３４、および内側堰チャネル３６の高さは同じである）。

【００２１】

第１および第２の外側側壁チャネルライザ５８、６０（図２）は、上部部分１２を通って延び、外側側壁チャネル３２と流体連通している。第１および第２の中央堰チャネルライザ６４、６６もまた、上部部分１２を通って延び、中央堰チャネル３４と流体連通している。第１および第２の内側堰チャネルライザ７０、７２もまた、上部部分１２を通って延び、内側堰チャネル３６と流体連通している。ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２は、上部部分１２を通って延び、チャネルネットワーク２０がスリップスラリーで満たされることを可能にする。例えば、スリップスラリーは、第１および第２の側壁ライザ５８、６０のいずれかに添加されて、外側側壁チャネル３２および底部チャネル３０をスラリーで充填してもよい。チャネル３０、３２がスラリーで満たされると、スリップスラリーで満たされていない対応するライザ５８、６０を介して空気が逃げる。同様に、スリップスラリーは、チャネルネットワーク２０がスリップスラリーで満たされるまで、第１または第２の中央堰チャネルライザ６４、６６のいずれか、および第１または第２の内側堰チャネルライザ７０、７２に添加されてもよい（図７～８）。図示の実施形態では、各ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２は、ライザへのスリップスラリーの注入を容易にするために、鋳型８の上部部分１２の表面５７に開口するコーン部分５１（図５）を含む。コーン部分５１の下方にあるダクト５２は、コーン部分５１をそれぞれのチャネルに流体接続する。スリップスラリーは、チャネルネットワーク２０がスリップスラリーで満たされるように、ダクト５２および／またはコーン部分５１が満たされ始めるまで添加されてもよい。例えば、液体キャリアが鋳型８内に引き込まれると、スリップスラリーの体積は収縮する。ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２の１つ以上のダクト５２および／またはコーン部分５１の中に配置されたスリップスラリーは、スリップスラリーが収縮すると、チャネルネットワーク２０に引き込まれることがある。

【００２２】

一般に、スラリーの一部がグリーンボディとして固化し始める前にチャネルネットワーク２０がスリップスラリーで満たされ、得られるるつぼをユニット化できるようにする任

意の順序でチャネルが充填されてもよい。ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２の配置は例示的なものであり、特に断らない限り、他の配置を用いてもよい。ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２は、鋳型８の上部部分１２に形成された開口部および／またはチャンバであってもよい。いくつかの実施形態では、ライザ５８、６０、６４、６６、７０、７２は、開口部／チャンバと、開口部／チャンバの表面上に配置されるライナーとを含む。

【００２３】

いくつかの実施形態では、底部チャネル３０、外側側壁チャネル３２、中央堰チャネル３４、および内側堰チャネル３６を満たすためにチャネルネットワーク２０に加えられるスリップスラリーは、シリカおよび水などの液体キャリアを含む。スリップスラリーは、当業者に知られている任意の懸濁剤を含む懸濁液中にシリカ粒子を維持する懸濁剤などの他の試薬も含んでもよい。例示的な懸濁剤には、粒子上に吸着するポリマーまたは有機物（例えば、長鎖有機分子、または粒子間の接触を減らすためにシリカ粒子上に表面電荷を蓄積させる他の剤）が含まれる。スリップスラリーは、以下に説明するように、焼結中に任意に燃え尽きることができる１つ以上の結合剤を含んでもよい。任意選択でスリップスラリーは、得られるグリーンボディ４０からの鋳型８の分離を促進するために、１つ以上の離型剤を含んでもよい。

【００２４】

鋳型８は、グリーンボディ４０を形成するために液体キャリアをチャネルネットワーク２０から（例えば、毛細管現象により）除去することができる材料で作られてもよい。いくつかの実施形態では、鋳型８は、石膏ボード（例えば、パリ石膏とも呼ばれる$CaSO_4 \cdot nH_2O$）等の石膏で作られる。他の実施形態では、鋳型８は、多孔質シリカで作られている。鋳型８は、毛細管現象によって液体キャリアを型８内に引き込む一般的な多孔質体であってよい。他の実施形態では、液体キャリアは、真空によって引かれてもよい。

【００２５】

液体キャリアがスリップスラリーから鋳型８内に引き出されると、「グリーンボディ」４０（図２、３）が鋳型８内に残る。例えば、グリーンボディ４０は、鋳型から分離したときにその形状を維持するのに十分な構造を有していてもよい。例えば、グリーンボディの含水率は、約５０％未満、約４５％未満、少なくとも約３０ｗｔ％、少なくとも約３５ｗｔ％、少なくとも約４０ｗｔ％、少なくとも約４５ｗｔ％、約３０ｗｔ％～約５０ｗｔ％または約３５ｗｔ％～約４５ｗｔ％でもよい。

【００２６】

グリーンボディ４０は、グリーンボディ４０を比較的低いおよび／または制御された湿度の周囲に曝すことなどにより、更に乾燥させてもよい（例えば、グリーンボディ４０が十分な強度を有した後、型８を取り除き、グリーンボディ４０を比較的低いおよび／または制御された湿度の周囲に曝すなど）。本明細書で使用される「グリーンボディ」または「グリーン状態」という用語は、限定的な意味で考慮されるべきではなく、一般に、液体キャリアがスリップスラリーから部分的に引き出された後、構造体の焼結の前のるつぼの中間状態を意味する。

【００２７】

鋳型８をグリーンボディ４０から分離するために、鋳型８の上部部分１２をグリーンボディ４０から、および下部部分１８から持ち上げてもよい。次いで、グリーンボディ４０を下部部分１８から持ち上げてもよい。得られるグリーンボディ４０は、ライザ位置に対応する側壁および堰から上に延びる突起（図示せず）を有してもよい（例えば、スリップスラリーは、追加量がライザを満たすようにチャネルネットワーク２０を完全に満たすように添加された）。これらの突起は、グリーンボディ４０または得られたるつぼアセンブリ５（図１）から研削または切断されてもよい。

【００２８】

いくつかの実施形態では、鋳型８は、溶融シリコンがるつぼの様々なセクション間を移動できるように、得られるるつぼ内に開口部を形成するために、チャネルの１つ以上にペ

グを含んでもよい。例えば、図９を参照すると、上部部分１２は、中央堰チャネル３４を横切って横方向に延びる中央堰ペグ４８を含む。スリップスラリーは、中央堰ペグ４８の周りを流れ、これにより、得られるるつぼアセンブリ５の中央堰２４を通る開口部３８（図１）が形成される。代替的にまたは追加的に、上部部分１２は、内側堰チャネル３６を横切って横方向に延び、内側堰３１に開口部４１（図１）を形成する内側堰ペグ５５を含む。鋳型８の上部部分１２がグリーンボディ４０および下部部分１８から取り外された後、中央堰ペグ４８および内側堰ペグ５５が取り外されてもよい（例えば、ドリルまたはノミで削られる）。ペグ４８、５５の位置（および結果として生じるるつぼ開口部３８、４１）は例示的であり、他の位置（例えば、高さ、ペグ間の相対的な周方向位置等）であってもよい。鋳型８は、中央堰２４および／または内側堰３１に開口部を形成するためのペグの追加または他の配置を含んでもよい。いくつかの実施形態では、鋳型８は、ペグを含まない。例えば、堰の間の開口部は、グリーンボディおよび／または得られるるつぼに直接形成されてもよく（例えば、ドリルまたはノミにより）、および／またはるつぼアセンブリ５は、シリコンが堰の上に注がれるように構成される。

【００２９】

鋳型８は例示的なものであり、他の実施形態は、特に断らない限り、堰の異なる配置などを含むことができる（例えば、単一の堰のみ（すなわち、内側堰のみ）または２つ以上の堰を含む）。いくつかの実施形態において、鋳型８は、るつぼアセンブリ５を形成するための追加のサイクルで再使用されてもよい（例えば、２、３、４、５または１０以上のサイクルで使用される）。鋳型８は、グリーンボディ４０の形成中にその中に引き込まれた液体を蒸発させるために、鋳型を乾燥オーブンに入れるなどして、サイクルの間に乾燥させることができる。

【００３０】

グリーンボディ４０が鋳型８から取り出されると、グリーンボディ４０を焼結して（例えば、乾燥炉で）、グリーンボディ４０を乾燥および緻密化して、ユニット化るつぼアセンブリ５（図１）を形成してもよい。グリーンボディ４０は、約１２００℃～約１８００℃、約１３００℃～約１７００℃、または約１３００℃～約１６５０℃の温度で焼結されてもよい。いくつかの実施形態において、るつぼアセンブリ５は、焼結後に２０ｗｔ％未満、１５ｗｔ％未満、または１０ｗｔ％未満の水分含有量を有する。

【００３１】

焼結後のユニット化るつぼアセンブリ５が図１に示されている。本開示の様々な実施形態において、ユニット化るつぼアセンブリ５は、底部１７と中央堰２４との間に形成された接合部１３、および底部１７と内側堰３１との間に形成された接合部１５に継ぎ目を含まない（すなわち、これらの接合部１３、１５に空隙を有さない）。代替的にまたは追加的に、ユニット化るつぼアセンブリ５は、接合部１３、１５におけるタッキング（tucking）を含まない。このようなタッキングは、従来のるつぼアセンブリにおいて、るつぼ底部１７で堰２４、３１を接続するために使用され得る。図示された実施形態では、ユニット化るつぼアセンブリ５は、単層底部１７を含む（すなわち、るつぼアセンブリ５は、それぞれがそれ自身の底部を有する積層されたるつぼを含まない）。ユニット化るつぼアセンブリ５は、透明であってもよい。

【００３２】

いくつかの実施形態において、スリップスラリーは、得られるるつぼアセンブリが所望の純度閾値を有するように選択される。例えば、およびいくつかの実施形態では、るつぼアセンブリ５は、約１ｐｐｍｗ未満、約０．８ｐｐｍｗ未満、または約０．７ｐｐｍｗ未満の濃度でカルシウムを含む。代替的にまたは追加的に、るつぼアセンブリ５は、約０．５ｐｐｍｗ未満、約０．２ｐｐｍｗ未満、または約０．１ｐｐｍｗ未満の濃度でナトリウムを含んでもよい。代替的にまたは追加的に、るつぼアセンブリ５は、約０．５ｐｐｍｗ未満、約０．２ｐｐｍｗ未満、または約０．１ｐｐｍｗ未満の濃度でカリウムを含んでもよい。代替的にまたは追加的に、るつぼアセンブリ５は、約０．５ｐｐｍｗ未満、約０．４ｐｐｍｗ未満、または約０．３ｐｐｍｗ未満の濃度でリチウムを含んでもよい。代替的

にまたは追加的に、るつぼアセンブリ５は、約０．５ｐｐｍｗ未満、約０．３ｐｐｍｗ未満、または約０．１５ｐｐｍｗ未満の濃度で鉄を含んでもよい。

【００３３】

いくつかの実施形態では、鋳型８は、上述の純度量のうちの１つ以上を達成するように選択される（および／または処理される）。例えば、鋳型は、得られるるつぼのカルシウム含有量を低減するために、多孔質シリカで作られてもよい（例えば、石膏鋳型と相対的に）。

【００３４】

本明細書に示され説明されるユニット化るつぼアセンブリ５は、例示的なアセンブリである。アセンブリ５は、特に断らない限り、他の寸法（例えば、１つまたは複数の融液ゾーンにおけるより浅いまたはより深い融液）、純度、特徴および／または配置を有してもよい。

【００３５】

ユニット化るつぼを形成するための本開示の方法は、単結晶シリコンインゴットを製造するために使用されてもよい。このような方法において、本開示の方法の実施形態によって製造されたユニット化るつぼが提供される。いくつかの実施形態では、ユニット化るつぼアセンブリ５は、外側側壁１０と中央堰２４との間に配置されたるつぼ融液ゾーン２２を含む。ユニット化るつぼアセンブリ５はまた、中央堰２４と内側堰３１との間に配置された安定化ゾーン２６を含む。ユニット化るつぼアセンブリ５はまた、内側堰３１内に配置された成長ゾーン２８を含む。

【００３６】

多結晶シリコンは、シリコンが溶融してシリコン融液を補充するるつぼ融液ゾーン２２に添加される。シリコン融液は、中央堰の開口部３８を通って安定化ゾーン２６に流入する。次に、シリコン融液は、内側堰の開口部４１を通って、内側堰３１内に配置された成長ゾーン２８に流れる。成長ゾーン２８内のシリコン融液は、単結晶の種結晶と接触し、種結晶は、シリコン融液から引き上げられて、単結晶シリコンインゴットを形成する。様々なシリコン融液ゾーン（例えば、融液ゾーン２２、安定化ゾーン２６、および成長ゾーン２８）により、インゴットが成長ゾーン２８から連続的に引き出される間に、多結晶シリコンが融液に連続的または半連続的に加えられる連続チョクラルスキ法により成長することが可能である。

【００３７】

シリコン融液を保持するための従来のるつぼアセンブリと比較して、本開示のるつぼアセンブリおよびそのようなるつぼアセンブリを製造する方法は、いくつかの利点を有する。中央堰および内側堰を有するユニット化された（例えば、一体構造）るつぼを製造することによって、るつぼアセンブリは、ユニット化るつぼの利点を可能にしながら、連続インゴット成長（連続チョクラルスキ）を可能にする。るつぼ底部、側壁および堰をユニット化することにより、るつぼアセンブリは、公差（例えば、側壁および堰の高さ、壁厚、溶融チャネルなど）を保持することがより良好となる。これにより、るつぼアセンブリは、インゴット引上げシステムの中に、より容易に備え付けることができ、位置合わせ工具（すなわち、インゴット引上げシステム内でユニット化されていないるつぼの様々な部品を一緒にはめ込むための工具）の使用を低減または排除することができる。ユニット化るつぼは、起伏が少なく、インゴット引上げ装置のサセプタにうまく適合することができる。ユニット化るつぼはまた、熱反応を改善するために壁の厚さの制御を可能にし、ドープされた化学物質に対する柔軟性を可能にし、インゴット引上げアセンブリの実行時間を消費するプレボンドサイクル（すなわち、堰をるつぼ底に接続するために使用される加熱サイクル）を低減または除去する。ユニット化るつぼアセンブリはまた、複数の部品から形成されたるつぼアセンブリと比較して、処理および供給ロジスティクスがより少なくなる。鋳型が、るつぼ内に堰を形成するためのチャネルを横切って延びるペグを含む実施形態では、得られたるつぼは、インゴット成長中にシリコン融液が得られたるつぼ内の種々の融液ゾーンに移動することを可能にする予め形成された開口部を有する。

【００３８】
いくつかの実施形態において、スリップおよび／または鋳型は、インゴット成長中のゼロ転位の損失の可能性を低減するために、得られるるつぼが比較的低い不純物含有量（例えば、約１ｐｐｍｗ未満のカルシウム、約０．５ｐｐｍｗ未満のナトリウム、約０．５ｐｐｍｗ未満のカリウム、０．５ｐｐｍｗ未満のリチウム、および／または０．５ｐｐｍｗ未満の鉄）を有するように選択される。鋳型が多孔質シリカで作られている実施形態では、石膏で作られた鋳型から鋳造された構成要素と比較して、多孔質シリカのカルシウム含有量が低いため、るつぼアセンブリはより純度が高い可能性がある。
【００３９】
本明細書で使用されるように、寸法、濃度、温度または他の物理的若しくは化学的特性若しくは特性の範囲と関連して使用される場合の用語「約（about）」、「実質的に（substantially）」、「本質的に（essentially）」および「約（approximately）」は、例えば丸め、測定方法、または他の統計的変動から生じる変動を含む特性または特性の範囲の上限および／または下限に存在し得る変動を対象とすることが意味される。
【００４０】
本開示の要素またはその実施形態を紹介する場合、冠詞「１つの（a）」、「１つの（an）」、「その（the）」および「該（said）」は、その要素が１つ以上存在することを意味することを意図している。用語「含む（comprising）」、「含む（including）」、「含む（containing）」、および「有する（having）」は、包括的であることを意図しており、列挙された要素以外の追加の要素が存在する可能性があることを意味する。特定の向きを示す用語（例えば、「上（top）」、「底（bottom）」、「横（side）」等）の使用は、説明の便宜のためであり、説明される項目の特定の向きを必要とするものではない。
【００４１】
本開示の範囲から逸脱することなく、上述の構造および方法において様々な変更がなされ得るので、上述の説明に含まれ、添付の図面に示される全ての事項は、例示的なものとして解釈され、限定的な意味ではないことが意図される。

【図面】

【図１】

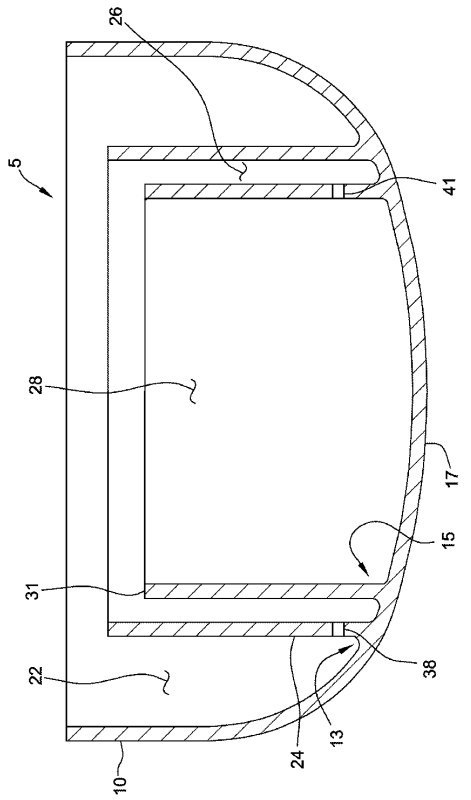


FIG. 1

【図２】

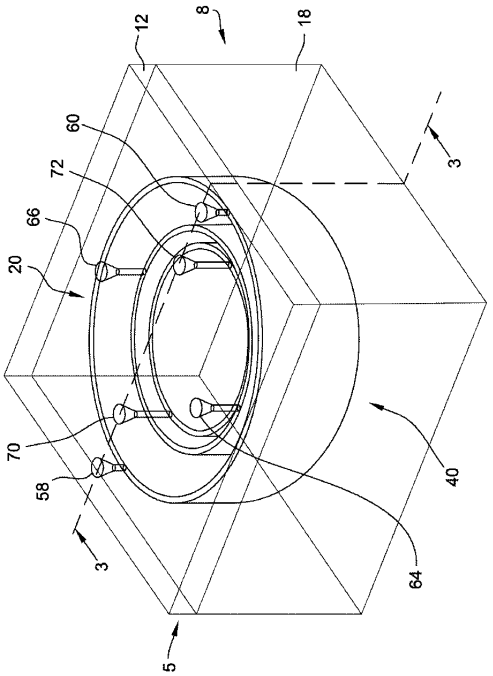


FIG. 2

【図３】

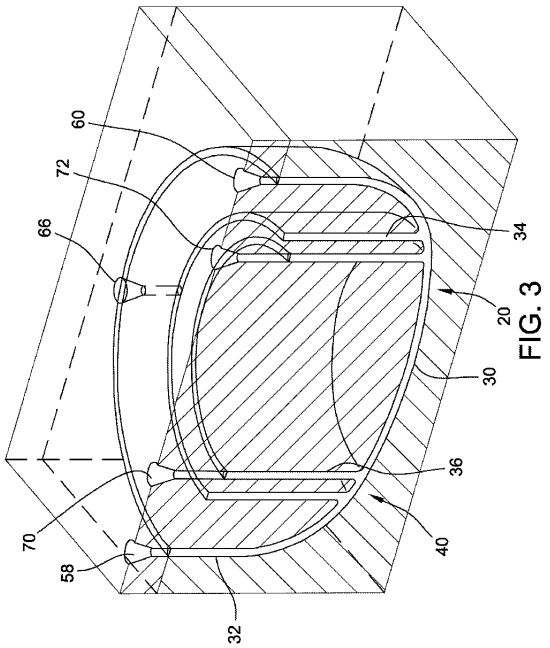


FIG. 3

【図４】

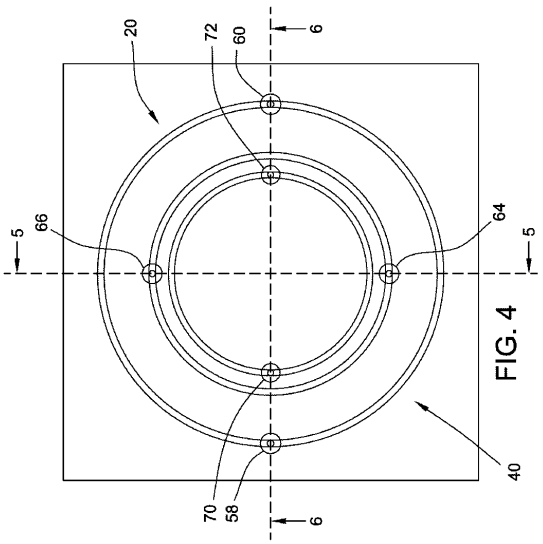


FIG. 4

【図５】

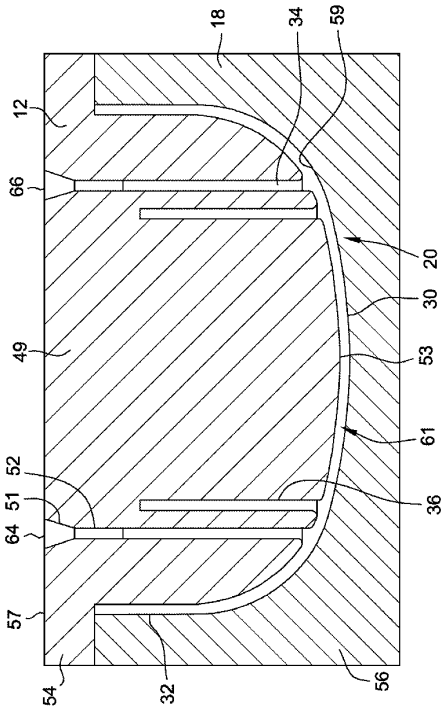


FIG. 5

【図６】

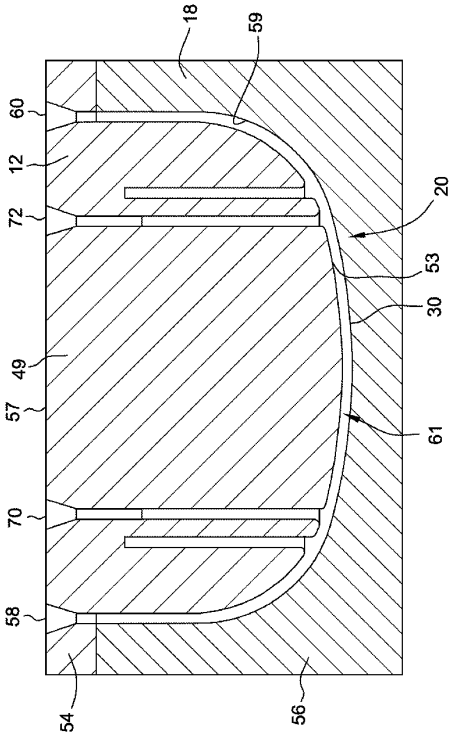


FIG. 6

【図７】

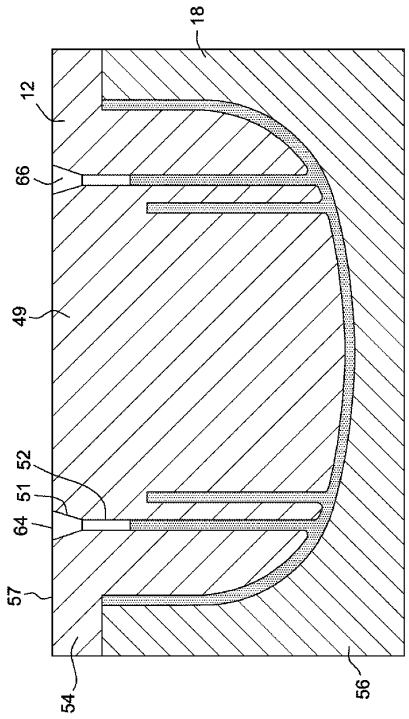


FIG. 7

【図８】

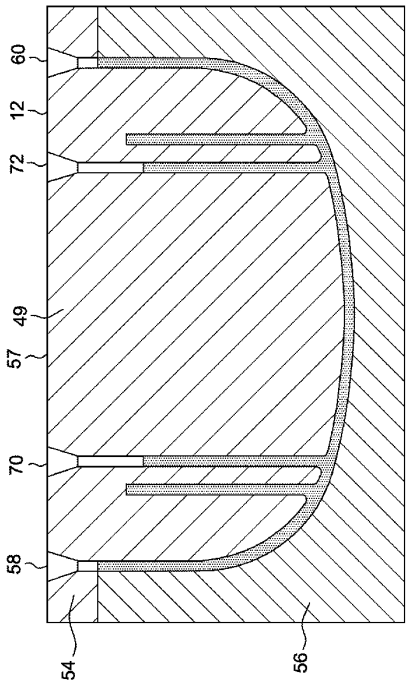


FIG. 8

【図９】

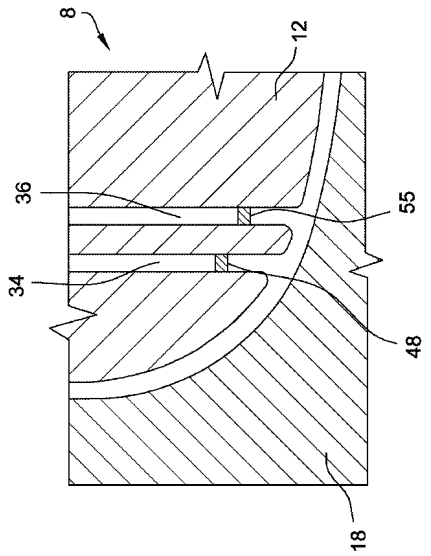


FIG. 9

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願
アメリカ合衆国６３３７６ミズーリ州セント・ピータース、パール・ドライブ５０１
(72)発明者　セペダ，サルバドル
アメリカ合衆国６３３７６ミズーリ州セント・ピータース、パール・ドライブ５０１
(72)発明者　ボージマン，ザ サード，パトリック フレドリック
アメリカ合衆国６３３７６ミズーリ州セント・ピータース、パール・ドライブ５０１
(72)発明者　ルーター，ウィリアム
アメリカ合衆国６３３７６ミズーリ州セント・ピータース、パール・ドライブ５０１
審査官　山本 晋也
(56)参考文献　特開平０３－０８０１８２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２８０５２９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１３８０３４（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０３Ｂ　２０／００
Ｃ３０Ｂ　１／００－３５／００