

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-513950

(P2012-513950A)

(43) 公表日 平成24年6月21日(2012.6.21)

(51) Int.Cl.
C O 1 B 33/02 (2006.01)F I
C O 1 B 33/02テーマコード (参考)
4 G O 7 2

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2011-544542 (P2011-544542)
(86) (22) 出願日 平成21年12月23日 (2009.12.23)
(85) 翻訳文提出日 平成23年8月22日 (2011.8.22)
(86) 国際出願番号 PCT/US2009/069488
(87) 国際公開番号 W02010/078205
(87) 国際公開日 平成22年7月8日 (2010.7.8)
(31) 優先権主張番号 61/141,567
(32) 優先日 平成20年12月30日 (2008.12.30)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 511071083
エムイーエムシー・シンガポール・プライ
ベイト・リミテッド
MEMC SINGAPORE PTE.
LTD.
シンガポール048424シンガポール、
ピーダブリューシー・ビルディング、ナン
バー11-〇〇、クロス・ストリート8番
(74) 代理人 100100158
弁理士 鮫島 睦
(74) 代理人 100068526
弁理士 田村 恭生
(74) 代理人 100138863
弁理士 言上 恵一

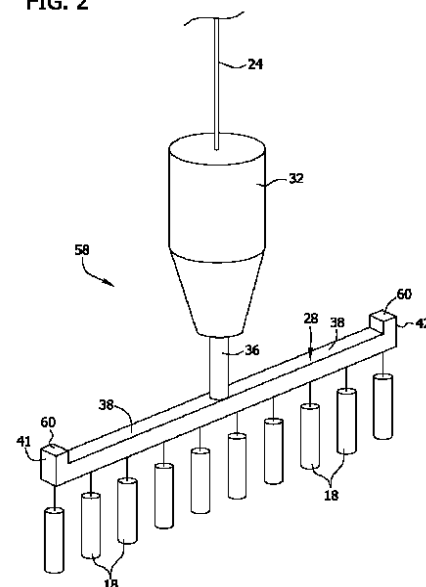
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン溶融物から多結晶シリコンインゴットを引き上げるための方法及び引上アセンブリ

(57) 【要約】

チョコラルスキー型結晶引上装置を用いて多結晶シリコンインゴットを作製する方法、多結晶シリコンインゴットを引き上げるための複数のシード結晶を含む引上アセンブリ。

FIG. 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

多結晶シリコンインゴットを作製する方法であって、
多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を調製する工程と、
上記シリコン充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで当該シリコン充填物を加熱しシリコン溶融物を調製する工程と、
上記シリコン溶融物にシード結晶を接触させる工程と、
上記シリコン溶融物からシリコンインゴットを上げる引上工程と、を備え、
当該引上工程には、多結晶シリコンインゴットを作製するため上記インゴットの成長条件を制御することが含まれる方法。

10

【請求項 2】

上記のインゴットの成長条件を制御する工程には、多結晶の結晶成長のための多重核形成ポイントを提供することが含まれる請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

多結晶の結晶成長を引き起こすため、2つのシード結晶を上記シリコン溶融物に接触させる請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

上記インゴット成長条件が、約 1 mm ~ 約 2.5 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 5】

上記インゴット成長条件が、約 1 mm ~ 約 1.5 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

上記インゴット成長条件が、約 5 mm ~ 約 2.5 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

上記インゴット成長条件が、約 5 mm ~ 約 1.5 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 8】

上記シリコンインゴットは、インゴット引上装置のホットゾーンへ引き上げられ、上記ホットゾーンは、熱の主要な軸フローを提供するように構成されている請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

上記シリコンインゴットは、約 0.3 mm / 分 ~ 約 2.0 mm / 分の速度で引き上げられる請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

上記シリコンインゴットは、約 1.0 mm / 分 ~ 約 2.0 mm / 分の速度で引き上げられる請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

40

【請求項 11】

上記の成長条件を制御する工程には、転位の増大を防止するため温度勾配を維持することが含まれる請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

上記の成長条件を制御する工程には、温度勾配を 0.2 / mm 未満に維持することが含まれる請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

インゴット引上装置においてシリコンインゴットを成長させる方法であって、

50

多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を調製する工程と、
上記シリコン充填物を上記充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで加熱しシリコン溶融物を調製する工程と、
少なくとも2つのシード結晶を上記シリコン溶融物に接触させる工程と、
シリコンインゴットを上記シリコン溶融物から引き上げる工程と、を備える方法。

【請求項14】

上記のインゴットの成長条件が、多結晶シリコンインゴットが作製されるように選択される請求項13記載の方法。

【請求項15】

少なくとも約4個のシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させる請求項13又は14記載の方法。

【請求項16】

少なくとも約10個のシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させる請求項13又は14記載の方法。

【請求項17】

少なくとも約100個のシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させる請求項13又は14記載の方法。

【請求項18】

少なくとも約200個のシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させる請求項13又は14記載の方法。

【請求項19】

少なくとも約300個のシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させる請求項13又は14記載の方法。

【請求項20】

上記シード結晶が、上記シード結晶を保持するよう構成されたチャックと、上記シリコン溶融物から上記シード結晶上に成長するインゴットと、に接触する請求項13～19のいずれかに記載の方法。

【請求項21】

上記シード結晶が、上記チャックに接続されたマウンティングブラケットに取付けられる請求項20記載の方法。

【請求項22】

上記マウンティングブラケットが、上記チャックに接続されたサスペンションロッドに取り付けられる請求項21記載の方法。

【請求項23】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 400 cm^2 当たり、少なくとも約1である請求項20記載の方法。

【請求項24】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 100 cm^2 当たり、少なくとも約1である請求項20記載の方法。

【請求項25】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 100 cm^2 当たり、少なくとも約10である請求項20記載の方法。

【請求項26】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 100 cm^2 当たり、少なくとも約20である請求項20記載の方法。

【請求項27】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 100 cm^2 当たり、少なくとも約30である請求項20記載の方法。

【請求項28】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 400 cm^2 当たり約

10

20

30

40

50

1 ~ 約 30 である請求項 20 記載の方法。

【請求項 29】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 20 である請求項 20 記載の方法。

【請求項 30】

上記シリコン溶融物に接触したシードの数が、インゴット断面積 100 cm^2 当たり約 10 ~ 約 30 である請求項 20 記載の方法。

【請求項 31】

上記シード結晶が円状のパターンで配列された請求項 13 ~ 30 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 32】

上記インゴット成長条件が、約 1 mm ~ 約 25 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 13 ~ 31 のいずれかに記載の方法。

【請求項 33】

上記インゴット成長条件が、約 1 mm ~ 約 15 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 13 ~ 31 のいずれかに記載の方法。

【請求項 34】

上記インゴット成長条件が、約 5 mm ~ 約 25 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 13 ~ 31 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 35】

上記インゴット成長条件が、約 5 mm ~ 約 15 mm の平均公称結晶サイズを有する多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御される請求項 13 ~ 31 のいずれかに記載の方法。

【請求項 36】

上記シリコンインゴットが上記シリコン溶融物から引き上げられ冷却されるにしたがって、結晶の横方向移動が可能となるようにシード結晶が配置された請求項 13 ~ 35 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 37】

直径一定部分、外周部分、中央部、上記中央部から上記外周部分まで延びる半径を有する円柱状インゴットを切断するための方法であって、

各インゴットの断面の対角線長さがインゴットの半径とおよそ同じである 4 つの中央インゴットセグメントを作製する工程と、

2 つの中央インゴットセグメントに近接するインゴット部分から 4 つの外周インゴットセグメントを作製する工程と、を備える方法。

【請求項 38】

各外周インゴットセグメントが、上記インゴットの外周部分まで延びる請求項 37 記載の方法。

40

【請求項 39】

上記 4 つの外周インゴットセグメントが、第 1 部分と第 2 部分とに分割される請求項 37 記載の方法。

【請求項 40】

シリコン溶融物から上方に成長インゴットを引き上げるため複数のシード結晶を保持するように構成された引上アセンブリであって、

チャックと、

上記チャックに接続された複数のシード結晶と、を備える引上アセンブリ。

【請求項 41】

上記シリコンインゴットが上記シリコン溶融物から引き上げられ冷却されるにしたがっ

50

て結晶の横方向移動が可能となるようシード結晶が配置された請求項 4 0 に記載された引上アセンブリ。

【請求項 4 2】

さらに、上記チャックに接続されたマウンティングブラケットを有し、
上記シード結晶は、上記マウンティングブラケットに取付けられている請求項 4 0 又は
4 1 記載の引上装置。

【請求項 4 3】

さらに、上記チャックに接続されたサスペンションロッドを有し、
上記マウンティングブラケットが上記サスペンションロッドに取付けられている請求項
4 2 記載の引上装置。

10

【請求項 4 4】

上記マウンティングブラケットが少なくとも 2 つのレッグを有する請求項 4 2 記載の引
上装置。

【請求項 4 5】

上記マウンティングブラケットが少なくとも 4 つのレッグを有する請求項 4 2 記載の引
上装置。

【請求項 4 6】

上記マウンティングブラケットは、形状が円形であることを特徴とする請求項 4 2 記載
の引上装置。

【請求項 4 7】

20

少なくとも約 4 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 4 8】

少なくとも約 1 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 4 9】

少なくとも約 2 5 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 5 0】

少なくとも約 5 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

30

【請求項 5 1】

少なくとも約 1 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のい
ずれかに記載の引上装置。

【請求項 5 2】

少なくとも約 2 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のい
ずれかに記載の引上装置。

【請求項 5 3】

少なくとも約 3 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のい
ずれかに記載の引上装置。

40

【請求項 5 4】

約 2 個 ~ 約 4 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 5 5】

約 2 個 ~ 約 3 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 5 6】

約 2 個 ~ 約 2 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいず
れかに記載の引上装置。

【請求項 5 7】

50

約 2 個 ~ 約 1 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 5 8】

約 2 個 ~ 約 5 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 5 9】

約 2 個 ~ 約 2 5 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 6 0】

約 1 0 個 ~ 約 4 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

10

【請求項 6 1】

約 1 0 個 ~ 約 3 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 6 2】

約 1 0 個 ~ 約 2 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 6 3】

約 1 0 個 ~ 約 1 0 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

20

【請求項 6 4】

約 1 0 個 ~ 約 5 0 個のシード結晶が上記チャックに接続された請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上装置。

【請求項 6 5】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり少なくとも約 1 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 6 6】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 1 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

30

【請求項 6 7】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 1 0 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 6 8】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 2 0 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 6 9】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 3 0 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

40

【請求項 7 0】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 3 0 である請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 7 1】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 2 0 である請求項 4 0

50

～ 46 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 72】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり約 10 ～ 約 30 である請求項 40 ～ 46 のいずれかに記載の引上アセンブリ。

【請求項 73】

シリコン溶融物からシリコンインゴットを成長させるためのインゴット引上装置であって、

上記インゴット引上装置は、

ハウジングと、

10

坩堝内に保持されたシリコン溶融物から上方に成長インゴットを引き上げるための引上機構と、を有し、

上記引上機構は、

複数のシード結晶と、

上記シード結晶を保持するように構成されたチャックと、

上記シード結晶上において上記シード結晶から成長させたインゴットと、を備える引上アセンブリを有することを特徴とするインゴット引上装置。

【請求項 74】

上記シリコンインゴットが上記シリコン溶融物から引き上げられ冷却されるにしたがって、結晶の横方向移動が可能となるよう上記シード結晶が配置された請求項 73 記載のインゴット引上装置。

20

【請求項 75】

上記シード結晶は、上記チャックに接続されたマウンティングブラケットに取付けられた請求項 73 又は 74 に記載のインゴット引上装置。

【請求項 76】

上記マウンティングブラケットは、上記チャックに取付けられたサスペンションロッドに取付けられた請求項 75 記載のインゴット引上装置。

【請求項 77】

上記マウンティングブラケットが少なくとも 2 つのレッグを含む請求項 75 記載のインゴット引上装置。

30

【請求項 78】

上記マウンティングブラケットが少なくとも 4 つのレッグを含む請求項 75 記載のインゴット引上装置。

【請求項 79】

上記マウンティングブラケットは、形状が円状であることを特徴とする請求項 75 記載のインゴット引上装置。

【請求項 80】

上記少なくとも約 4 個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項 73 ～ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 81】

上記少なくとも約 10 個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項 73 ～ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

40

【請求項 82】

上記少なくとも約 25 個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項 73 ～ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 83】

上記少なくとも約 50 個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項 73 ～ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 84】

上記少なくとも約 100 個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項 73 ～

50

79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項85】

上記少なくとも約200個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項86】

上記少なくとも約300個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項87】

上記約2個～約400個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項88】

上記約2個～約300個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項89】

上記約2個～約200個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項90】

上記約2個～約100個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項91】

上記約2個～約50個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項92】

上記約2個～約25個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項93】

上記約10個～約400個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項94】

上記約10個～約300個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項95】

上記約10個～約200個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項96】

上記約10個～約100個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項97】

上記約10個～約50個のシード結晶が上記チャックに接続されている請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項98】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり少なくとも約1である請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項99】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約1である請求項73～79のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項100】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられ

10

20

30

40

50

るよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 10 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 101】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 20 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 102】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 30 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

10

【請求項 103】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 30 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 104】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 20 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 105】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり約 10 ~ 約 30 である請求項 73 ~ 79 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

20

【請求項 106】

シリコン溶融物からシリコンインゴットを成長させるためのインゴット引上装置であって、

上記インゴット引上装置は、坩堝内に保持されたシリコン溶融物から上方に成長インゴットを引き上げるための引上機構を備え、

上記引上機構は、(1) 形状が円状であるか、又は、(2) 少なくとも 2 つのレッグを有するマウンティングブラケットを備える引上アセンブリを有することを特徴とするインゴット引上装置。

30

【請求項 107】

上記マウンティングブラケットは、形状が円形であることを特徴とする請求項 106 記載のインゴット引上装置。

【請求項 108】

上記マウンティングブラケットは、少なくとも 2 つのレッグを有する請求項 106 記載のインゴット引上装置。

【請求項 109】

上記マウンティングブラケットは、少なくとも 4 つのレッグを有する請求項 106 記載のインゴット引上装置。

【請求項 110】

40

上記マウンティングブラケットは、上記レッグに接続された棒状体を有する請求項 108 又は 109 に記載のインゴット引上装置。

【請求項 111】

上記マウンティングブラケットは、上記レッグに形成された溝部を有する請求項 109 又は 109 記載のインゴット引上装置。

【請求項 112】

上記マウンティングブラケットは、チャックに接続されている請求項 106 ~ 111 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 113】

上記マウンティングブラケットは、上記チャックに取付けられたサスペンションロッド

50

に取付けられている請求項 1 1 2 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 4】

上記引上装置は、上記マウンティングブラケットに取付けられたシード結晶を含む請求項 1 0 6 ~ 1 1 3 のいずれかに記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 5】

少なくとも約 4 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 6】

少なくとも約 1 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 7】

少なくとも約 2 5 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 8】

少なくとも約 5 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 1 9】

少なくとも約 1 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 0】

少なくとも約 2 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 1】

少なくとも約 3 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 2】

約 2 個 ~ 約 4 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 3】

約 2 個 ~ 約 3 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 4】

約 2 個 ~ 約 2 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 5】

約 2 個 ~ 約 1 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 6】

約 2 個 ~ 約 5 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 7】

約 2 個 ~ 約 2 5 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 8】

約 1 0 個 ~ 約 4 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 2 9】

約 1 0 個 ~ 約 3 0 0 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 1 1 4 記載のインゴット引上装置。

【請求項 1 3 0】

10

20

30

40

50

約 10 個 ~ 約 200 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 131】

約 10 個 ~ 約 100 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 132】

約 10 個 ~ 約 50 個のシード結晶が上記マウンティングブラケットに接続されている請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 133】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり少なくとも約 1 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

10

【請求項 134】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 1 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 135】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 10 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

20

【請求項 136】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 20 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 137】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり少なくとも約 30 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 138】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 30 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

30

【請求項 139】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 400 cm^2 当たり約 1 ~ 約 20 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【請求項 140】

上記チャックに接続されたシード結晶の数が、上記引上アセンブリにより引き上げられるよう構成されたインゴットの断面積 100 cm^2 当たり約 10 ~ 約 30 である請求項 114 記載のインゴット引上装置。

40

【請求項 141】

上記シリコンインゴットが上記シリコン溶融物から引き上げられ冷却されるにしたがって、結晶の横方向移動が可能となるように上記シード結晶が配置された請求項 114 記載のインゴット引上装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の技術分野は、概して、多結晶シリコンの製造に関し、より詳細には、多結晶シリコンインゴットを引き上げることによる多結晶シリコンの製造に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

ソーラーエネルギーを取り出すために使用される従来の太陽電池は多結晶シリコンを利用する。多結晶シリコンは従来から方向性凝固（DS）プロセスにより製造されている。当該プロセスにおいて、シリコンは坩堝内で溶融され、別の坩堝において又は同一の坩堝において方向性凝固が行われる。インゴットの凝固は、溶融シリコンが鋳物の凝固される前面に供給されるように制御される。このようにして作製された多結晶シリコンは、坩堝側壁において不均一核形成サイトの濃度が高いために、粒子の互いの配向がランダムである結晶粒子凝集体となる。多結晶シリコンは、概して、単結晶シリコンと異なり、そのコストがより低いことから、太陽電池のための好ましいシリコンソースとなる。そのため、単結晶シリコン生成物に比してより高いスループットが得られる。

10

【 0 0 0 3 】

DSプロセスにより成長させた多結晶シリコンインゴットは、通常、インゴットの、坩堝に近い部分において、減少した平均粒子サイズを有する。当該部分では、坩堝表面に多数の核形成ポイントが存在するため多結晶シリコンインゴットが成長する。当該減少した平均粒子サイズ及び上記坩堝側壁からの不純物の固体状態拡散により、当該領域において少数キャリア寿命が減少し、結果として得られるセルの性能に悪影響を与える。したがって、インゴットの当該部分は、概して、太陽電池を作製するために用いられず、むしろ後続のシリコン充填に供され再生される。

【 0 0 0 4 】

さらに、DSプロセスによりインゴットの上部近くにおいて成長させたシリコンインゴットの大部分は、当該領域において不純物含有量が高いために、デバイス製造のために用いることができず、別の使用のために再生することができない。このように不純物含有量が高いことにより、インゴットが作製されるにしたがって、当該溶融物中において不純物の偏析が引き起こされる。偏析係数が比較的小さいため、インゴットが作製されるにしたがって溶融物中における不純物の濃度は一般的に増加する。当該インゴットの上部領域は、典型的には、凝固する最後の領域であり、最も高い濃度の不純物を含む。

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

結果として得られるインゴットの外周部分において平均粒子サイズが減少しておらず、概して、当該インゴットにおいて、デバイス製造に用いることができず又は再生することができない領域をそれ程発生させない多結晶シリコンインゴットを製造する、高いスループットを有する方法に対してニーズが存在する。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明の一の態様は、多結晶シリコンインゴットを作製するための方法に関する。多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を調製し、上記シリコン充填物を当該充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで加熱してシリコン溶融物を調製する。シード結晶を上記シリコン溶融物に接触させシリコンインゴットを上記シリコン溶融物から引き上げる。当該インゴットの成長条件は、多結晶シリコンインゴットが作製されるように制御される。

40

【 0 0 0 7 】

本発明の他の態様は、インゴット引上装置においてシリコンインゴットを成長させる方法に関する。多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を調製し、上記シリコン充填物を当該充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで加熱してシリコン溶融物を調製する。少なくとも2つのシード結晶を上記シリコン溶融物と接触させシリコンインゴットを上記シリコン溶融物から引き上げる。

【 0 0 0 8 】

本発明のさらに別の態様は、円柱状インゴットを切断する方法に関する。当該インゴットは、直径一定部分、外周部分、中心、上記中心から上記外周部分まで延びる半径を有する。各インゴットの断面の対角線長さがおよそインゴット半径と同じである4つの中央イ

50

ンゴットセグメントが形成される。４つの外周インゴットセグメントは、２つの中央インゴットセグメントに近接するインゴット部分から構成される。

【０００９】

本発明のさらに別の態様は、シリコン溶融物から上方に、成長するインゴットを引き上げるための引上アセンブリであって、複数のシード結晶を保持するように構成された引上アセンブリに関する。上記引上アセンブリは、チャックと、該チャックに接続された複数のシード結晶と、を含む。

【００１０】

本発明のある態様は、シリコン溶融物からシリコンインゴットを成長させるためのインゴット引上装置に関する。当該インゴット引上装置は、ハウジングと、坩堝内に保持されたシリコン溶融物から上方に、成長するインゴットを引き上げる引上機構と、を有する。当該引上機構は、引上アセンブリを含み、当該引上アセンブリは、複数のシード結晶と、上記シード結晶を保持するよう構成されたチャックと、上記シリコン溶融物から上記シード結晶上に成長したインゴットと、を備える。

【００１１】

本発明のさらに別の態様は、シリコン溶融物からシリコンインゴットを成長させるためのインゴット引上装置に関する。当該インゴット引上装置は、坩堝内に保持されたシリコン溶融物から上方に、成長するインゴットを引き上げる引上機構を有する。当該引上機構は、引上アセンブリを含み、該引上アセンブリは、（１）形状が円状であって、（２）少なくとも２つのレッグを有するマウンティングブラケットを備える。

【００１２】

本発明の上述の態様に関連して言及した特徴には様々な限定が存在する。別の特徴を本発明の上述の態様に組み込んでよい。これらの限定及び付加的な特徴は、個々に又はいずれか任意に組み合わせ存在しうる。例えば、本発明の実施の形態のいずれかに関連して以下に言及される様々な特徴を本発明の上述の態様に単独で又はいずれかと組み合わせて組み込んでよい。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】図１は、チョクラルスキータイプの結晶引上装置の断面図である。

【図２】図２は、本発明の第１の実施の形態に係る引上アセンブリの斜視図である。

【図３】図３は、本発明の第２の実施の形態に係る引上アセンブリの斜視図である。

【図４】図４は、図３の引上アセンブリの斜視図であり、複数の棒状体が表示されている。

【図５】図５は、図３の引上アセンブリの斜視図であり、複数の溝部が表示されている。

【図６】図６は、本発明に係る第３の実施の形態に係る引上アセンブリの斜視図である。

【図７】図７は、本発明の第１の実施の形態に係るシード結晶の斜視図である。

【図８】図８は、本発明の第２の実施の形態に係るシード結晶の斜視図である。

【図９】図９は、本発明の第３の実施の形態に係るシード結晶の斜視図である。

【図１０】図１０は、本発明の第１の実施の形態に係る真円のシリコンインゴットを切断するためのパターンを示す概略図である。対応する参照文字は、図面を通して対応する部材を示す。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、図面を参照する。特に図１を参照する。チョクラルスキー法に従って多結晶シリコンインゴットを成長させるために使用されるタイプの本発明の方法に係る使用のためのインゴット引上装置を参照数字２３により示す。インゴット引上装置２３は、結晶成長チャンバ１６を規定するハウジング２５と、上記成長チャンバより小さな横断面を有する引上チャンバ２０とを備える。成長チャンバ１６は、該成長チャンバから、狭小化された引上チャンバ２０へと遷移する略ドーム形状上壁部４５を有する。インゴット引上装置２３は入口７及び出口１１を有し、結晶成長の間、選択的に雰囲気をハウジング２５へ導入するため又はハウジング２５から除去するため入口７及び出口１１を使用してもよい。

【0015】

インゴット引上装置23内の坩堝22はシリコン溶融物44を含む。多結晶シリコンインゴットはシリコン溶融物44から引き上げられる。シリコン溶融物44は、坩堝22に充填された多結晶シリコンを溶解させることにより得られる。坩堝22は、インゴット引上装置23の中央長手軸Xを中心として坩堝を回転させるため、ターンテーブル29に搭載される。この点、ある実施の形態では当該坩堝は回転しないと理解すべきである。実質的に一定の水準に溶融物44の表面を維持するため、インゴットが成長するにしたがって坩堝22は成長チャンバ16内において上昇可能である。上記シリコン充填物を溶融させ溶融物44を生成させるため、電気抵抗ヒータ39は坩堝22を囲繞する。ヒータ39は、溶融物44の温度が引上プロセスにより正確に制御されるように、制御システム（不図示）により制御される。ヒータ39を囲繞する絶縁体（不図示）は、ハウジング25を介した熱の散逸を低減することができる。米国特許第6,797,062により詳細に記載されているように、インゴット引上装置23は、また、固体-溶融物界面において軸方向温度勾配を増加させ、坩堝22の熱からインゴットをシールドするため、上記溶融物表面上方に熱シールドアセンブリ（不図示）を有していてもよい。米国特許第6,797,062は、本明細書に引用して援用する。

10

【0016】

引上機構（不図示）を引上ワイヤ24に取り付けてもよい。引上ワイヤ24は、上記機構から下方に延びる。当該機構は、引上ワイヤ24を上昇及び降下させることができる。インゴット引上装置23は、引上装置のタイプに依存して、ワイヤではなく引上シャフトを備えていてもよい。引上ワイヤ24は引上アセンブリ58で終了している。引上アセンブリ58は、多結晶シリコンインゴットを成長させるために使用されるシード結晶18を保持するシード結晶チャック32を備える。インゴットを成長させるに際し、引上機構は、シード結晶18がシリコン溶融物44の表面に接触するまでシード結晶18を降下させる。シード結晶18が溶融し始めると、引上機構により、シード結晶を成長チャンバ16及び引上チャンバ20の中をゆっくりと上昇させ、単結晶又は多結晶インゴットを成長させる。引上機構がシード結晶18を回転させる速度及び上記引上機構がシード結晶を引き上げる速度（すなわち、引上速度 v ）は制御システムにより制御される。インゴット引上装置23の一般的な構成及びオペレーションは、以下に、より詳細に説明した場合を除き、従来のものと同じであり、これは当該分野における通常の知識を有する者に知られている。

20

30

【0017】

いくつかの実施の形態において、インゴット引上装置23は円柱状であり、かつ、約150mmの公称直径を、他の実施の形態では約200mmの公称直径を、さらに別の実施の形態では約300mmの公称直径を有するシリコンインゴットを調製するために適切に構成されている。いくつかの実施の形態では、インゴット引上装置23は、少なくとも約300mmの公称直径を有するシリコンインゴット、さらに、少なくとも450mm以上の公称直径を有するシリコンインゴットを調製するために適切に構成されている。円柱状以外の形状（具体的には、矩形又は正方形）を有するインゴットが作製されるようにインゴットを引き上げてよいことに留意すべきである。ただし、インゴットの最も大きい公称直径（インゴットの全長を含まず、又は換言すれば半径方向断面の最も大きい公称直径を含まない）は、円柱状インゴットについて列挙されたものと同じであってもよい。これに代えて又はこれに加重して、インゴット引上装置23は、最も大きい公称直径（全長を含まない）、約50mm～約500mm又は約100mm～約350mmを有するシリコンインゴットを調製するために適切に構成されている。

40

【0018】

インゴット引上装置23のホットゾーンは、インゴット引上装置からの熱の主要な軸方向フローを与えるように構成されていてもよい。単結晶シリコンを引き上げるための従来の結晶引上装置のホットゾーンは、軸方向の及び半径方向の冷却を実現するように構成されている。従来のチョクラルスキー引上技術と比較して、主要な軸方向熱フローはインゴ

50

ット内の半径方向温度勾配を低減し、それにより当該インゴット内の冷却ストレスを低減する。インゴット引上装置のホットゾーンは、溶融物表面上方において比較的厚い熱シールドアセンブリを備えてもよく、反射材上方の限定された絶縁により主要な軸方向熱フローが引き起こされる。適切な熱シールドアセンブリが、米国特許第 6, 4 8 2, 2 6 3 及び米国特許第 7, 2 1 7, 3 2 0 に示されている。これらは、本明細書に引用して援用する。米国特許第 5, 7 6 6, 3 4 1 及び 5, 5 9 3, 4 9 8 に開示された坩堝回転モジュレーション及び米国特許第 7, 1 2 5, 4 5 0 に開示された坩堝回転を用いて、インゴット内の温度勾配に影響を与えてもよい。これらは、本明細書に引用して援用する。

【0019】

一の実施の形態において、インゴット内の残留応力を低減するため、少なくとも 1 時間、約 1 0 0 0 ~ 約 1 3 0 0 の温度までインゴットを加熱することによりインゴットをアニールする。他の実施の形態では、インゴット内の残留応力を低減するため、少なくとも 2 時間、約 1 0 0 0 ~ 約 1 3 0 0 の温度までインゴットを加熱することによりインゴットをアニールする。

10

【0020】

インゴット引上装置のホットゾーンは、米国特許第 6, 1 8 3, 5 5 3 に開示されているように、ホットゾーン部材（特に、上部ホットゾーン部材）上において保護コーティングを用いて構成してインゴットのエッジ付近で鉄コンタミネーションを低減してもよい。米国特許第 6, 1 8 3, 5 5 3 は、本明細書に引用して援用する。任意ではあるが、鉄コンタミネーションを低減するため、上部ホットゾーン部材の純度を制御してもよいし、及び/又はインゴット引上装置 2 3 へ導入及びインゴット引上装置 2 3 から導出されるプロセスガスのフローを制御してもよい。従来のチョコラルスキー技術に対してプロセスガスのフローを増加させ気相における希釈を促進させてもよい。当該効果を達成するために要求されるガスフローは、用いられる特定のホットゾーンに依存して実験的に決定してもよい。

20

【0021】

一の実施の形態において、インゴット引上装置のホットゾーンは、ホットゾーン部材の浄化のコストを低減するため、分割して構成されている（具体的には、絶縁体は、連続したピースではなくタイルに存在する）。

【0022】

上述のような一つのシード結晶ではなく複数のシード結晶を用いて、シリコン溶融物からインゴットを引き上げてよい。一の実施の形態では、少なくとも 2 つのシードを用いてインゴットを引き上げてよく、他の実施の形態では、少なくとも約 4 つのシードを用いてもよい。他の実施の形態では、少なくとも約 1 0 のシード、少なくとも約 5 0 のシード、少なくとも約 1 0 0 のシード又は少なくとも約 2 0 0 のシードを用いる。さらに別の実施の形態では、少なくとも約 3 0 0 のシード、約 3 5 0 のシード、又は少なくとも約 4 0 0 のシードを用いてシリコンインゴットを引き上げてよい。他の実施の形態では、約 4 シード ~ 約 4 0 0 シードが用いられ、約 1 0 シード ~ 約 4 0 0 シード、約 5 0 シード ~ 約 4 0 0 シード、約 1 0 0 シード ~ 約 4 0 0 シード、約 2 0 0 シード ~ 約 4 0 0 シード、又は、約 3 0 0 シード ~ 約 4 0 0 シードを用いてシリコンインゴットを引き上げてよい。シリコンインゴットを引き上げるために用いられるシードの数は、他の事項の中でも、引上げられるシリコンインゴットのサイズに依存してもよい。概して、インゴットを引き上げるために用いられるシードの数を増加させることにより、インゴットは、比較的少ないシード、より好ましくは 1 個のシードを用いる引上方法に比して、直径一定部分をより迅速に形成することができる（すなわち、インゴットは短い多重シードコーン領域を有する）。直径一定部分に相当するインゴット部分を最大化することにより、インゴット引上装置のスループットを増加させる。多重シードを用いることにより、多結晶成長のための多重核形成ポイントを形成する。当該インゴット中における不整合転位は、複数のシードの中で配向の相違を最小化することにより好ましくは選択することにより減少させてもよい。

30

40

【0023】

50

多結晶シリコンインゴット又は単結晶シリコンインゴットは、多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を生成することにより調製してもよい。シリコン充填物を、上記充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで加熱してシリコン溶融物を生成する。少なくとも2つのシード結晶をシリコン溶融物に接触させシリコンインゴットを上記シリコン溶融物から引き上げてよい。

【0024】

シリコンインゴットの成長条件は、シリコンインゴットが多結晶構造を有するように制御してもよい。このような成長条件には、さらに本明細書において記載されているように、多重シード結晶を用いることが含まれる。本明細書のため、インゴットやウェハ等の“多結晶”構造は、少なくとも約1mmの平均公称結晶粒子サイズを有する。多結晶構造は、約1mm未満の平均公称結晶粒子サイズを有する。平均公称結晶粒子サイズは、シリコンインゴットからスライスされたウェハにおける光の反射率を観察することにより評価してもよい。結晶粒子は、当該粒子間の結晶配向における相違のため異なる方向に光を反射する。粒界間の公称距離はウェハに亘って評価してもよいし平均化してもよい。

10

【0025】

多結晶シリコンを坩堝に投入しシリコン充填物を生成することにより多結晶インゴットを調製してもよい。シリコン充填物を上記充填物のおよそ溶融温度を超える温度まで加熱してシリコン溶融物を生成させる。シード結晶をシリコン溶融物と接触させるため降下させ、シリコンインゴットをシリコン溶融物から引き上げる。インゴットの成長条件を多結晶シリコンインゴットが生成されるように制御する。

20

【0026】

他の具体例において、成長条件は、温度勾配が転位の増大を防止するに十分な程低くなるように制御してもよい。適切な温度勾配は、他の要因の中でも、ホットゾーン及びインゴットサイズに依存する。適切な温度勾配は、実験的に又はモデリングにより見つけ出すことができる。一の具体例においては、当該温度勾配は、0.2 / mm未満に維持される（具体的には、250mmのインゴットにおいて50 未満）。

【0027】

一の実施の形態では、成長中の多結晶シリコンインゴットの成長速度を約0.3mm / 分～約2.0mm / 分に制御する。他の実施の形態では、成長速度を約0.1mm / 分～約2.0mm / 分に制御する。一の実施の形態では、格子間欠陥を最小化するため、支配的な真性点欠陥である空孔を有するインゴットが生成されるように成長速度を選択する。他の実施の形態では、支配的な真性点欠陥である格子間物質を有するように、かつ、インゴット成長速度が固体-溶融物界面近くにおいて転位速度を超えるように成長速度を選択する。より高いシードリフトを用いて生産性を向上させてもよいが、実際のインゴット歪み限度により制限される。

30

【0028】

一の実施の形態において、シード回転はゼロであり（すなわち、シードは回転せず）、上部ホットゾーン部材は活性であり、正方形の断面を有し、これにより正方形の断面を有するインゴットが得られる。これらの条件は従来のチョクラルスキー結晶成長法とは異なる。

40

【0029】

以下図2を参照する。一の実施の形態では、インゴットを溶融物から引き上げるために使用される引上アセンブリ58はチャック32を含み、チャック32は、チャック32に取付けられている（又はチャック32に吊り下げられている）多重シード結晶18を有する。多重シードを用いることにより、作製されたインゴットは、テイパー状のシードコーンを有しない。当該テイパー状のシードコーンは、一つのシードを含む従来の装置（複数のより短いシードコーンを含む装置ではない）を用いて引き上げられたシリコンインゴットの特徴である。単結晶シリコンインゴットを成長させるための従来の引上技術では、付加的なシードは多結晶の核形成ポイントとなりうるため、シードは一つだけ含まれていた。シード18はマウンティングブラケット28に取付けられている。マウンティングブラ

50

ケット 28 は、サスペンションロッド 36 を介してチャック 32 に取付けられる；しかしながら、本発明の技術的範囲を逸脱しない限り、ブラケットをチャック 32 に直接取付けてもよいし又は他の方法により取付けてもよい。マウンティングブラケット 28 はサスペンションロッド 36 から延び、各エンド 41、42 を含む 2 つの放射対称性レッグ 38 を含む。一の実施の形態では、エンド 41、42 間の距離は、少なくとも、溶融物から引き上げられたインゴットの直径の約 75 % であり、他の実施の形態では、溶融物から引き上げられたインゴットの直径の少なくとも約 85 %、少なくとも約 95 %、少なくとも約 100 % である。図 2 に示すように、各レッグは、当該レッグに取付けられた 5 つのシードを有する。本発明の技術的範囲を逸脱しない限り、各レッグは、当該レッグに取付けられた 5 より多い又は 5 未満のシードを有していてもよい。

10

【0030】

マウンティングブラケット 28、サスペンションロッド 36、及びチャック 32 は、グラファイト、グラファイトでコートされたシリコンカーバイド、シリコン、シリコンカーバイド、又は高温耐火金属から構成されていてもよい。コストがより低く、強度、及び製造の容易さのため、グラファイトによりコートされたシリコンカーバイドを使用してもよい。

【0031】

以下図 3 を参照する。マウンティングブラケット 28 は、2 以上のレッグを含んでいてもよい。図 3 ~ 5 に示されているように、マウンティングブラケットは、4 つのレッグ 38 を有する。各レッグは、第 2 のレッグに対して放射状に対称的である。

20

【0032】

シリコンインゴットはインゴット引上装置のホットゾーンから現われ冷却が開始されるため、インゴットは放射状に収縮する。本発明の一の実施の形態では、シードを横方向に動かすことができインゴットの熱収縮に備えている配置において、結晶シード 18 はマウンティングブラケット 28 に取付けられている。例えば、図 2、3、6 に示されたシード結晶 18 をワイヤ 60 (図 7) に取付けてもよい。ワイヤ 60 はボール 62 で終了している。シード結晶 18 をボール・ソケット接合でマウンティングブラケット 28 に取付けシードの横方向移動を可能としてもよい。別の態様では、シードを、耐火性金属ワイヤを用いて直接マウンティングブラケット 28 に取り付けてもよい。

【0033】

別の態様では、図 4 に示すように、マウンティングブラケット 28 は、シード 18 の移動を抑制する無数の棒状体 46 を含んでいてもよい。例示のため、図 4 に唯一つのシードを示す。シード 18 は開口部 48 (図 8) を有する。開口部 48 により、シードをマウンティングブラケット 28 に配置することができる。インゴットは冷却されるため、開口部 48 はシードの横方向移動が可能となる程充分大きい。シードを溶融物に接触させるために降下させ、そして、上記溶融物からインゴットを引き上げるにしたがって、棒状体 46 は、シード 18 の移動を制限し、各シードが一の棒状体内側にとどまる。マウンティングブラケット 28 は、レッグ 38 のエンド 42 近傍に上方突出部 60 を有していてもよい。これは、レッグのエンドにおいてシード 18 の移動を制限するように助力する。別の態様では、上方突出部 60 を棒状体により置き換えてもよい。本発明の技術的範囲を逸脱しない限り、マウンティングブラケット 28 は上方突出部 60 を有していなくてもよい。

30

40

【0034】

別の態様では、図 5 に示すように、マウンティングブラケット 28 は、複数の溝部 52 を有していてもよい。当該実施の形態では、シード 18 は開口部 48 (図 9) を有する。当該シードはテイパー部 56 を有する。テイパー部 56 にはリッジ 54 に向かって (内側に向かって) テイパーが形成されている。リッジ 54 はマウンティングブラケット 28 の溝部 52 に配置され、インゴットが冷却されるにしたがってシードが横方向に動くことに備えている。例示のため、図 5 にはシードが唯一つだけ示されている。

【0035】

以下図 6 を参照する。本発明の一実施の形態によれば、マウンティングブラケット 28

50

は、形状が円形である。ブラケットの直径は、溶融物から引き上げられたインゴットの直径の少なくとも約75%であってもよく、他の実施の形態では、溶融物から引き上げられたインゴットの直径の少なくとも約85%、少なくとも約95%、さらには、少なくとも約100%である。

【0036】

溶融物から引き上げられたシリコンインゴットは断面積を規定する。例えば、直径約450mmのシリコンインゴットの場合、断面積は約1590cm²である。一の実施の形態では、チャックに取付けられ、そしてインゴットを引き上げるためシリコン溶融物との接触に使用されるシード結晶の数は、インゴット断面積400cm²当たり少なくとも約1個のシード結晶であり、他の実施の形態では、インゴット断面積100cm²当たり少なくとも約1個のシード結晶である。他の実施の形態では、シリコン溶融物に接触するシード結晶の数は、インゴット断面積100cm²当たり少なくとも約10個のシード結晶であり、他の実施の形態では、インゴット断面積100cm²当たり少なくとも約20個のシード結晶であり、インゴット断面積100cm²当たり少なくとも約30個のシード結晶である。他の実施の形態では、シリコン溶融物に接触するシード結晶の数は、インゴット断面積400cm²当たり約1個の結晶～インゴット断面積100cm²当たり約30個の結晶、インゴット断面積400cm²当たり約1個の結晶～インゴット断面積100cm²当たり約20個の結晶、インゴット断面積100cm²当たり約10個の結晶～インゴット断面積100cm²当たり約30個の結晶である。一の実施の形態では、シード結晶は円状パターンで又は正の幾何学的配列で配置される。

10

20

【0037】

一の実施の形態では、シリコンインゴットが少なくとも1mmの平均公称結晶粒子サイズを有するように成長条件を制御し、他の実施の形態では、約1mm～約25mmの平均公称結晶粒子サイズを有するように制御する。他の実施の形態では、シリコンインゴットは、約1mm～約15mm、さらには、約1mm～約10mmの平均公称直径を有する。他の実施の形態では、シリコンインゴットの平均公称結晶粒子サイズは、約5mm～約25mm、約5mm～約15mm、又は約5mm～約10mmである。

【0038】

いくつかの実施の形態では、多結晶シリコンインゴットは円柱状であり、約150mmの公称直径を有し、他の実施の形態では、約200mmの公称直径を有し、さらに別の態様では、約300mmの公称直径を有する。いくつかの実施の形態では、シリコンインゴットは、少なくとも約300mmの公称直径を有し、さらには、約450mmの公称直径を有する。他の実施の形態では、インゴットは、円柱状以外の形状（具体的には、矩形又は正方形）を有し、そして、多結晶シリコンインゴットは、円柱状インゴットに関して上述したように、最大公称寸法（全長を含まない）を有し、及び/又は、約50mm～約500mm、又は、約100mm～約350mmの最大公称寸法を有する。

30

40

【0039】

典型的なチョクラルスキー法の場合と同様、シリコンインゴットは、形状が環状であってもよい。正方形のインゴットは、シードを回転させないことにより、そして、高い半径方向溶融勾配を付与するよう設計された上部ホットゾーン部材を用いることにより、上記シリコン溶融物から引き上げてよい。高い半径方向溶融勾配は、大きな絶縁体を使用することにより、又は、ヒータ等の活性素子を使用することにより達成してもよい。

【0040】

多結晶シリコンインゴットは、太陽電池製造のための材料を最大限活用するように切断してもよい。特に、太陽電池製造オペレーションにおいて従来から製造されている、正方形の又は矩形のインゴットセグメント（当該セグメントは、正方形の又は矩形のウェハに切断される）が形成されるように切断してもよい。円柱状のインゴットを切断する際に使用される一の適切な切断パターンを図10に示す。インゴット90の直径一定部分を切断して4つの中央インゴットセグメント92を作製する。各セグメント92は、インゴットの中央Cから外周サイドまで延在する。換言すれば、断面の対角長さは、実質的に、イン

50

ゴットの半径と等しい。インゴット 90 の直径一定部分を切断して、4 つの外周インゴット部分 94 を作製する。各外周インゴットセグメント 94 は、中央インゴットセグメント 92 の 2 つに近接するインゴット 90 の一部から切断される。外周インゴットセグメント 94 はインゴット 90 の外周サイドまで延在し、利用されていない部分 91 のサイズを最小化する。各半径方向インゴットセグメント 94 は、さらに、第 1 部分 95 と第 2 部分 97 とに分割してもよい。インゴットを切断する方法は、当該技術分野における通常の知識を有する者に良く知られており、インゴットを様々なセグメント 92、94 及びセクション 95、97 に分割するためにワイヤーソーを使用することが含まれる。一の実施の形態では、シリコンインゴットは、六方晶系の太陽電池が作製されるように切断される。本発明の技術的範囲を逸脱しない限り、他の切断パターンを用いてもよい。

10

【0041】

本発明の又はその実施の形態の構成要素を導入する際、冠詞 "a"、"an"、"the"、及び "said" は、1 以上の構成要素が存在することを意味する。"comprising (含む)"、"including (含有する)" 及び "having (有する)" は、包括的であり、列挙された構成要素以外に付加的な構成要素が存在してもよいことを意味する。

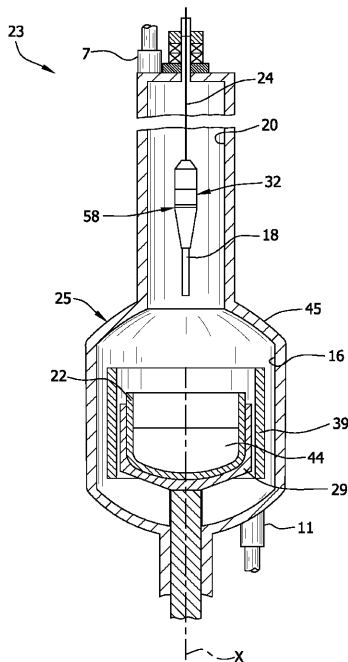
【0042】

本発明の技術的範囲を逸脱しない限り、上述の装置及び方法において様々な変更を加えることが可能であるため、本明細書に記載され添付の図面に図示された全ての構成要素は例示であり、限定するものではないと解釈されるべきである。

20

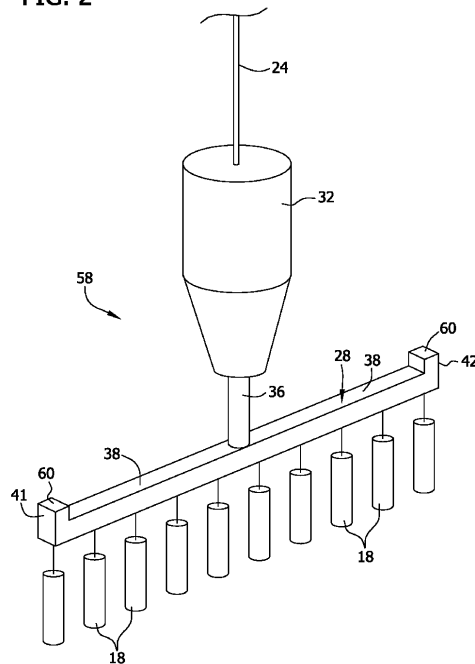
【図 1】

FIG. 1



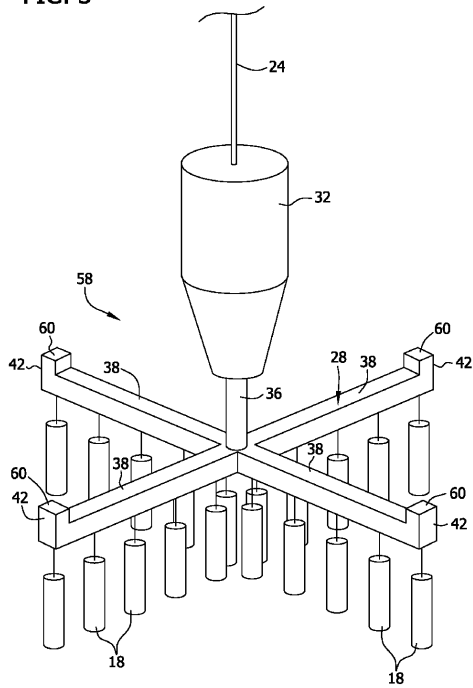
【図 2】

FIG. 2



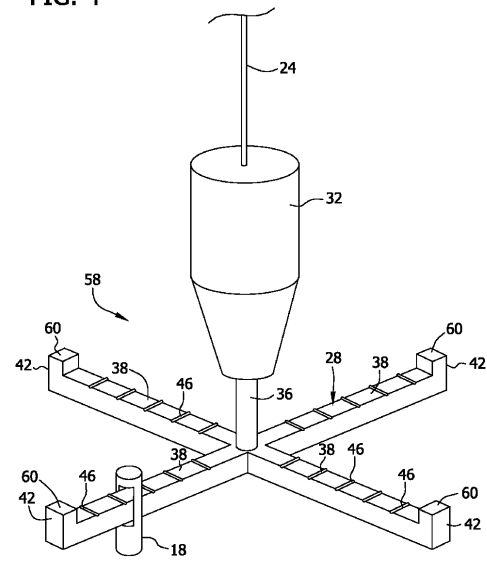
【 図 3 】

FIG. 3



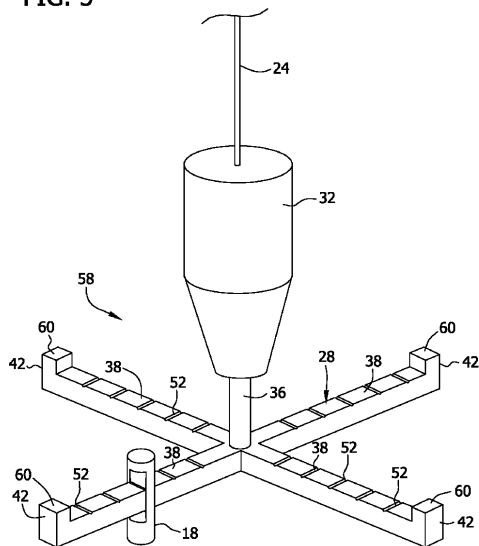
【 図 4 】

FIG. 4



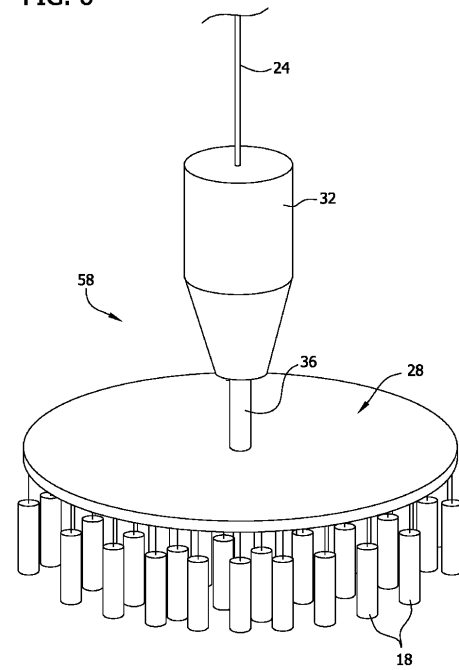
【 図 5 】

FIG. 5



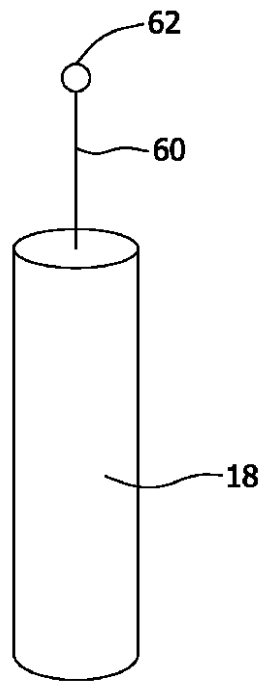
【 図 6 】

FIG. 6



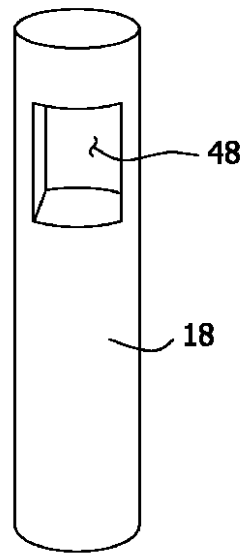
【図 7】

FIG. 7



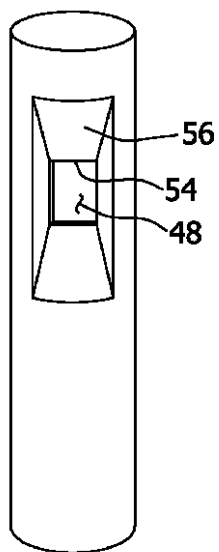
【図 8】

FIG. 8



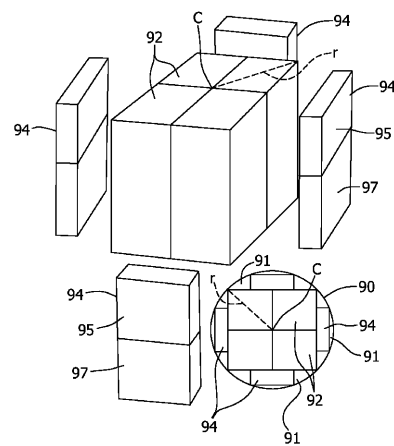
【図 9】

FIG. 9



【図 10】

FIG. 10



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2009/069488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C30B15/32 C30B29/06 H01L31/18
ADD.

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)

C30B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TAISHI ET AL: "Influence of crystalline defects in Czochralski-grown Si multicrystal on minority carrier lifetime" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 306, no. 2, 31 May 2007 (2007-05-31), pages 452-457, XP022195600 ELSEVIER, AMSTERDAM [NL] ISSN: 0022-0248	1,2,4-7, 9,10
Y	the whole document ----- -/--	8,11,12

☒ 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 document 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 2010

Date of mailing of the international search report

04/05/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoyer, Wolfgang

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2009/069488

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HOSHIKAWA ET AL: "Si multicrystals grown by the Czochralski method with multi-seeds" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 307, no. 2, 10 July 2007 (2007-07-10) , pages 466-471, XP022497997 ELSEVIER, AMSTERDAM [NL] ISSN: 0022-0248	1-7,9, 10, 13-19, 31-36
Y	page 467; figures 1,3	8,11,12, 20-30, 42-72, 75-105
Y	----- HÄSSLER C ET AL: "Multicrystalline Silicon for Solar Cells: Process Development by Numerical Simulation" ADVANCED MATERIALS, vol. 13, no. 23, 23 November 2001 (2001-11-23), pages 1815-1819, XP002569558 WILEY VCH VERLAG [DE] ISSN: 0935-9648 DOI: 10.1002/1521-4095(200112)13:23<1815::AID-A DMA1815>3.0.CO;2-T page 1817	8,11,12
X	----- TAISHI T ET AL: "Behavior of dislocations due to thermal shock in B-doped Si seed in Czochralski Si crystal growth" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 241, no. 3, 1 June 2002 (2002-06-01), pages 277-282, XP004358350 ELSEVIER, AMSTERDAM [NL] ISSN: 0022-0248	13, 15-19,31
Y	figure 1	20-30, 42-72, 75-105
X	----- WO 02/092885 A1 (MEMC ELECTRONIC MATERIALS [US]) 21 November 2002 (2002-11-21)	40,41, 73,74
Y	figures 1-4	20-30, 42-72, 75-105

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2009/069488**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

1-36, 40-105

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2009 /069488

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-12

A method for producing a multicrystalline silicon ingot, the method comprising
loading polycrystalline silicon into a crucible to form a silicon charge;
heating the silicon charge to a temperature above about the melting temperature of the charge to form a silicon melt;
bringing a seed crystal into contact with the silicon melt;
and
pulling a silicon ingot up from the silicon melt, including controlling growth conditions of the ingot to produce a multicrystalline silicon ingot.

2. claims: 13-36

A method for growing a silicon ingot in an ingot puller, the method comprising
loading polycrystalline silicon into a crucible to form a silicon charge;
heating the silicon charge to a temperature above about the melting temperature of the charge to form a silicon melt;
bringing at least two seed crystals into contact with the silicon melt; and
pulling a silicon ingot up from the silicon melt.

3. claims: 37-39

A method for cropping a cylindrical ingot having a constant diameter portion, a circumference, a center and a radius extending from the center to the circumference, the method comprising:
forming four central ingot segments, wherein the diagonal length of the cross-section of each of the ingots is about the radius of the ingot;
forming four peripheral ingot segments from a portion of the ingot that is adjacent two of the central ingot segments.

4. claims: 40-105

A pulling assembly constructed for holding a plurality of seed crystals for pulling a growing ingot upward from a silicon melt, the pulling assembly comprising a chuck and a plurality of seed crystals connected to the chuck; and an ingot puller comprising the pulling assembly.

5. claims: 106-141

International Application No. PCT/US2009 /069488

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

An ingot puller for growing a silicon ingot from a silicon melt, the ingot puller comprising a pulling mechanism for pulling a growing ingot upward from a silicon melt held within a crucible, the pulling mechanism comprising a pulling assembly that includes a mounting bracket that is circular in shape or has at least two legs.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2009/069488

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02092885	A1	21-11-2002	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 スティーブン・エル・キンベル

アメリカ合衆国 6 3 3 7 6 ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ 5 0 1 番、エムイー
エムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・インコーポレイテッド内

Fターム(参考) 4G072 AA01 BB01 BB12 GG03 GG04 HH01 MM38 NN01 NN30 TT30

UU02