

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5168657号
(P5168657)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.

C O 1 B 33/02 (2006.01)

F I

C O 1 B 33/02

E

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-273563 (P2008-273563)	(73) 特許権者	302006854
(22) 出願日	平成20年10月23日(2008.10.23)		株式会社 S U M C O
(65) 公開番号	特開2010-100482 (P2010-100482A)		東京都港区芝浦一丁目2番1号
(43) 公開日	平成22年5月6日(2010.5.6)	(74) 代理人	100094215
審査請求日	平成23年10月12日(2011.10.12)		弁理士 安倍 逸郎
		(72) 発明者	落合 崇
			東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社
			S U M C O 内
		(72) 発明者	杉村 渉
			東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社
			S U M C O 内
		審査官	廣野 知子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒状シリコン製造方法およびその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上開口部から粉末シリコンが投入され、下開口部から前記粉末シリコンの溶融後の溶融シリコンが連続して滴下される下窄み形状のルツボと、

前記下開口部の外回りに配置された高周波誘導コイルと、

該高周波誘導コイルと前記下開口部との間に抜き差し可能に設けられ、前記高周波誘導コイルの起動により加熱され、その輻射熱で、前記粉末シリコンが収納された下窄み形状の前記ルツボの下開口部を塞ぐシリコンブロックおよび前記粉末シリコンの一部を溶融させる補助加熱用の導電円筒と、

該導電円筒を、前記高周波誘導コイルと前記下開口部との間に抜き差しさせる抜き差し手段とを備えた粒状シリコン製造装置。

10

【請求項 2】

前記ルツボ内の粉末シリコンを攪拌しながら、前記溶融シリコンに還元ガスを吹き付ける攪拌ノズルを有した請求項 1 に記載の粒状シリコン製造装置。

【請求項 3】

前記ルツボの下開口部の直下に、該下開口部から滴下されて凝固した直後の粒状シリコンが、斜面を転がりながら冷却される冷却傾斜板を設けた請求項 1 または請求項 2 に記載の粒状シリコン製造装置。

【請求項 4】

前記ルツボの下開口部の開口直径が 5 ～ 20 mm である請求項 1 ～ 請求項 3 のうち、何

20

れか 1 項に記載の粒状シリコン製造装置。

【請求項 5】

粉末シリコンが収納された下窄み形状のルツボの下開口部をシリコンブロックにより塞ぐ蓋止め工程と、

該蓋止め工程後、前記下開口部の外回りに配置された導電性材料からなる補助加熱用の導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱により、前記下開口部内の前記シリコンブロックおよび前記粉末シリコンの一部を溶融させ、前記下開口部から溶融シリコンを連続して滴下させる初期溶融工程と、

該初期溶融工程後、前記下開口部内の溶融シリコンを前記導電円筒の輻射熱により継続して加熱するか、該導電円筒を取り除いて前記下開口部内の溶融シリコンを高周波誘導加熱し、前記下開口部からの溶融シリコンの連続した滴下に伴い前記下開口部内へ到達した前記粉末シリコンを、順次、前記溶融シリコンの熱により溶融させる溶融工程とを備えた粒状シリコン製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は粒状シリコン製造方法およびその装置、詳しくは光電変換を行う多結晶シリコン型太陽電池の基板原料となる粒状シリコンを製造可能な粒状シリコン製造方法およびその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の粒状シリコンの製造方法としては、ルツボに投入された塊状、顆粒状や微小粒子状のシリコン材料を高周波誘導加熱して溶融し、ルツボから溶融シリコンを液滴（粒状の融液）として落下させ、表面張力で溶融シリコンを球状化させる方法が知られている（例えば特許文献 1）。特許文献 1 の運転開始時には、ルツボに投入される直前のシリコン材料を予熱し、ルツボへの投入後、これを高周波誘導加熱により溶融していた。

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 137622 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、シリコン単結晶などを原料としたシリコン材料は高純度シリコンからなる。高純度シリコンは常温（固体）での抵抗率が高く、ほとんど誘導電流は流れない。そのため、ウェーハ加工プロセスから排出された残材のシリコン材料を使用し、この特許文献 1 に記載された方法に従えば、予熱時に、シリコン材料を誘導電流が流れる融点近くまで、ヒータなどで抵抗加熱する必要がある。

スライス工程や研削工程からは、多量の粉末シリコンが排出されている。回収可能なウェーハ残材のうち、切削粉などは表面積が大きくて不純物による汚染度が高い。そのため、デバイス用ウェーハの単結晶原料として再利用することは難しい。これを踏まえ、近年では粉末シリコンを太陽電池用のシリコン材料として有効利用する方法が検討されている。

【0005】

そこで、発明者は鋭意研究の結果、ルツボとして下窄み形状のルツボを採用し、初期溶融時、粉末シリコンを収納したルツボの下開口部を、高周波誘導加熱の輻射熱で間接的に溶かされるシリコンブロックを用いて閉塞すればよいことに想到した。

すなわち、製造開始時には、下開口部の外回りに設けられた導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱で、ルツボの下開口部を塞いだシリコンブロックと粉末シリコンの一部とを溶融する。それ以降は、輻射熱での加熱を継続するか、溶融シリコンを直接高周波誘導加熱する。これにより、下開口部内まで到達した粉末シリコンが順次溶ける。その結果、シリコン材料として、常温ではほとんど誘導電流が流れない高純度シリコン製のものを採

10

20

30

40

50

用した場合でも、予熱装置が不要で、かつ製造開始時から連続して粒状シリコンを製造可能であることを知見し、この発明を完成させた。

【 0 0 0 6 】

また、下窄み形状のルツボを採用したのでルツボの小型化が図れるとともに、ルツボの下開口部に収納されたシリコン材料のみを溶融するようにしたので、高周波誘導加熱時の使用電力の削減が図れることも知見し、この発明を完成させた。

【 0 0 0 7 】

この発明は、ルツボの小型化や高周波誘導加熱時の使用電力の削減が図れ、しかも原料の粉末シリコンに高純度シリコン製のものを採用した場合でも、予熱装置を使用することなく、製造開始時から粒状シリコンを連続して製造することができる粒状シリコン製造方法およびその装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

請求項 1 に記載の発明は、上開口部から粉末シリコンが投入され、下開口部から前記粉末シリコンの溶融後の溶融シリコンが連続して滴下される下窄み形状のルツボと、前記下開口部の外回りに配置された高周波誘導コイルと、該高周波誘導コイルと前記下開口部との間に抜き差し可能に設けられ、前記高周波誘導コイルの起動により加熱され、その輻射熱で、前記粉末シリコンが収納された下窄み形状の前記ルツボの下開口部を塞ぐシリコンブロックおよび前記粉末シリコンの一部を溶融させる補助加熱用の導電円筒と、該導電円筒を、前記高周波誘導コイルと前記下開口部との間に抜き差しさせる抜き差し手段とを備えた粒状シリコン製造装置である。

【 0 0 0 9 】

請求項 1 に記載の発明によれば、製造開始時には、高周波誘導コイルの起動により導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱で、下開口部内のシリコンブロックと粉末シリコンの一部とを溶融する。それ以降は、この輻射熱による加熱を継続するか、抜き差し手段を用いて高周波誘導コイルと下開口部との間から導電円筒を抜き取り、加熱により電気的な抵抗率が低下した溶融シリコンを、直接、高周波誘導加熱する。そのため、高純度シリコンからなる粉末シリコンをシリコン材料に採用した場合でも、従来は必須の設備であった予熱装置を使用することなく、製造開始時から粒状シリコンを継続して製造することができる。しかも、ルツボとして下窄み形状のものを採用したので、ルツボの小型化も図れる。さらに、高周波誘導コイルによるルツボの加熱範囲を下窄み形状の下開口部としたので、ルツボの加熱容積が小さい。そのため、高周波誘導加熱時の使用電力を削減することができる。

【 0 0 1 0 】

「粉末シリコン」としては、ウェーハ加工プロセスのスライス工程や研削工程から排出された切削粉を採用することができる。この切削粉は、塊形状や顆粒形状のウェーハ残材に比べて表面積が大きく、高純度のシリコン製でありながら、その表層部分は不純物による汚染度が高い。

シリコンとしては、単結晶シリコン、多結晶シリコンを採用することができる。

ルツボの素材としては、石英、窒化ボロン、炭化珪素などを採用することができる。

ルツボの形状は、上開口部より下開口部の方が小さい筒形状（円筒形状、角筒形状など）であれば任意である。

「下窄み形状」とは、下方へ向かって徐々に開口面積が小さくなる形状である。ルツボの全長にわたって下窄み形状でも、その下部のみが下窄み形状でもよい。

ルツボの下開口部の形状としては、例えば、下方へ向けて徐々に小径化したロート形状でもよい。または、下開口部の全長にわたって開口面積が均一な筒形状でもよい。もしくは、前記ロート部分の下端の開口に、開口面積が全長にわたって等しい前記筒体が連通された形状でもよい。

【 0 0 1 1 】

シリコンブロックとしては、例えば単結晶シリコン製のブロック、多結晶シリコン製の

10

20

30

40

50

ブロックあるいは本特許法のルツボ残材をその形状のまま固化させたものを採用することができる。

導電円筒の素材である導電性材料としては、例えば黒鉛、タングステンなどの2000以上の融点を持つ金属などを採用することができる。

導電円筒の高周波誘導加熱には、高周波誘導コイルを使用し、その誘導電流による加熱を採用することができる。

高周波誘導コイル用の電源としては、例えば20～500kHz、20～200kWのものが採用される。

【0012】

導電円筒の加熱温度は、導電円筒の輻射熱によってシリコンブロックが溶融可能な600～1500である。600未満では、輻射熱が低くてシリコンブロックに誘導電流が流れ始めるまでの時間が長くなる。また、1500を超えれば、ルツボ材料の耐熱性が不足して劣化が激しくなる。導電円筒の好ましい加熱温度は、800～1000である。この範囲であれば、短時間でシリコンブロックに誘導電流が流れ始めて溶融状態に至り、過剰な輻射熱でルツボの寿命を短くする問題を軽減することができる。

【0013】

下開口部内の溶融シリコンは、導電円筒の輻射熱により継続して加熱してもよい。また、導電円筒を取り除き、下開口部内の溶融シリコンを、直接、高周波誘導加熱してもよい。これは、仮に原料が高純度シリコンであっても、シリコンが融点を超える温度まで加熱されるので、シリコンの電氣的な抵抗率が低く、誘導電流が十分に流れるためである。

ルツボの下開口部から溶融シリコンが滴下される際、パイプレータによりルツボに振動を加えて、粒状の溶融シリコンの粒径を揃えるようにしてもよい。

抜き差し手段としては、例えば操作アームを移動させる各種のアクチュエータを採用することができる。

【0014】

請求項2に記載の発明は、前記ルツボ内の粉末シリコンを攪拌しながら、前記溶融シリコンに還元ガスを吹き付ける攪拌ノズルを有した請求項1に記載の粒状シリコン製造装置である。

【0015】

請求項2に記載の発明によれば、ルツボの内周面に棚吊り状態で付着した粉末シリコンを、攪拌ノズルにより攪拌することで掻き落とす。攪拌では、ノズル上部に設けた振動子を使用することにより、容易に粉末シリコンの棚吊り状態を解消することができる。また、攪拌ノズルから溶融シリコンの液面に向かって還元ガスを吹き付ける。これにより、そのガスの還元作用により、粉末シリコンの表面の酸化物を還元することができる。

【0016】

この還元ガスにより生成される粒状シリコンの酸素濃度が減少し、太陽電池の変換効率が高まる。

【0017】

請求項3に記載の発明は、前記ルツボの下開口部の直下に、該下開口部から滴下されて凝固した直後の粒状シリコンが、斜面を転がりながら冷却される冷却傾斜板を設けた請求項1または請求項2に記載の粒状シリコン製造装置である。

【0018】

請求項3に記載の発明によれば、下開口部から滴下され、表面張力により球状化された粒状シリコンは、冷却傾斜板の斜面を転がりながら冷却される。これにより、例えば完全に固まる前の粒状シリコンが回収容器の底板に衝突した際の衝撃による変形を防止することができる。しかも、回収容器の表面に付着した不純物や回収容器の材料自身を取り込むことがなく、粒状シリコンに不純物が混入するおそれを低減することができる。

冷却傾斜板としては、例えば傾斜面が平面のものでも、傾斜面が曲面のものでもよい。

【0019】

請求項4に記載の発明は、前記ルツボの下開口部の開口直径が5～20mmである請求

10

20

30

40

50

項 1 ~ 請求項 3 のうち、何れか 1 項に記載の粒状シリコン製造装置である。

【 0 0 2 0 】

ルツボの下開口部の開口直径（内径）が 5 mm 未満では、下開口部での溶融シリコンの凝固が起きやすく、閉塞するおそれがある。また、20 mm を超えれば、溶融シリコンの滴下量が増大し、ルツボ下部の溶融シリコンが無くなり、粉末シリコンが溶融しなくなる。あるいは粉末シリコンが開口部から漏れてしまう。下開口部の好ましい開口直径は、5 ~ 10 mm である。この範囲とすることで、高周波電源のパワー制御や下部の補助加熱用の導電円筒の制御範囲が小さくなり、安定した溶融シリコンの滴下量が得られるというさらに好適な効果が得られる。

【 0 0 2 1 】

請求項 5 に記載の発明は、粉末シリコンが収納された下窄み形状のルツボの下開口部をシリコンブロックにより塞ぐ蓋止め工程と、該蓋止め工程後、前記下開口部の外回りに配置された導電性材料からなる補助加熱用の導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱により、前記下開口部内の前記シリコンブロックおよび前記粉末シリコンの一部を溶融させ、前記下開口部から溶融シリコンを連続して滴下させる初期溶融工程と、該初期溶融工程後、前記下開口部内の溶融シリコンを前記導電円筒の輻射熱により継続して加熱するか、該導電円筒を取り除いて前記下開口部内の溶融シリコンを高周波誘導加熱し、前記下開口部からの溶融シリコンの連続した滴下に伴い前記下開口部内へ到達した前記粉末シリコンを、順次、前記溶融シリコンの熱により溶融させる溶融工程とを備えた粒状シリコン製造方法である。

【 0 0 2 2 】

請求項 5 に記載の発明によれば、製造開始時には、ルツボの下開口部をシリコンブロックにより塞ぐ（蓋止め工程）。その後、下開口部の外回りに配置された導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱で、シリコンブロックと下開口部内の粉末シリコンの一部とを溶かす。これにより、製造開始時から、溶融シリコンが下開口部から連続して滴下され、表面張力による球状化後に凝固することで粒状シリコンが製造される（初期溶融工程）。その後、下開口部内の溶融シリコンを継続して輻射熱により加熱するか、導電円筒を取り除き、溶融シリコンを直接高周波誘導加熱する。これにより、溶融シリコンの連続滴下に伴い下開口部まで落下した粉末シリコンを、順次、溶融シリコンの熱で溶かす。その結果、溶融シリコンの滴下による粒状シリコンの製造が継続される（溶融工程）。

【 0 0 2 3 】

このように、製造開始時、高周波誘導コイルの起動により導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱で、下開口部内のシリコンブロックと粉末シリコンの一部とを溶融する。それ以降は、輻射熱による加熱を継続するか、抜き差し手段により高周波誘導コイルと下開口部との間から導電円筒を抜き取り、加熱により電気的な抵抗率が低下した溶融シリコンを、直接、高周波誘導加熱する。そのため、仮に高純度シリコンからなる粉末シリコンをシリコン材料に採用した場合でも、予熱装置を使用することなく、製造開始時から粒状シリコンを継続して製造することができる。さらに、ルツボとして下窄み形状のものを採用したので、ルツボの小型化も図れる。しかも、高周波誘導コイルによるルツボの加熱範囲を下窄み形状の下開口部としたので、ルツボの加熱容積が小さくなる。その結果、高周波誘導加熱時の使用電力を削減することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

請求項 1 および請求項 5 に記載の発明によれば、製造開始時、高周波誘導コイルの起動により導電円筒を高周波誘導加熱し、その輻射熱で、下開口部内のシリコンブロックと粉末シリコンの一部とを溶融する。それ以降は、輻射熱による加熱を継続するか、抜き差し手段により高周波誘導コイルと下開口部との間から導電円筒を抜き取り、加熱により電気的な抵抗率が低下した溶融シリコンを、直接、高周波誘導加熱する。そのため、高純度シリコンからなる粉末シリコンをシリコン材料に採用した場合でも、予熱装置を使用することなく、製造開始時から粒状シリコンを継続して製造することができる。さらに、ルツボ

10

20

30

40

50

として下窄み形状のものを採用したので、ルツボの小型化も図れる。しかも、高周波誘導コイルによるルツボの加熱範囲を下窄み形状の下開口部としたので、ルツボの加熱容積が小さくなる。その結果、高周波誘導加熱時の使用電力を削減することができる。

【 0 0 2 5 】

特に、請求項 2 に記載の発明によれば、ルツボの内周面に棚吊り状態で付着した粉末シリコンを、攪拌ノズルにより粉末シリコンを攪拌しながら掻き落とす。また、攪拌ノズルから溶融シリコンの液面に向かって還元ガスを吹き付ける。これにより、ガスの還元作用により、溶融シリコンの液面の酸化を防止することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 3 に記載の発明によれば、下開口部から滴下され、表面張力により球状化された粒状シリコンは、冷却傾斜板の斜面を転がりながら冷却される。これにより、例えば完全に固まる前の粒状シリコンが回収容器の底板に衝突した際の衝撃による変形を防ぎ、衝突の衝撃によりシリコン粒の表面に不純物が食い込むことがなくなるという理由で、粒状シリコンに不純物が混入するおそれを低減することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 4 に記載の発明によれば、ルツボの下開口部の開口直径を 5 ~ 2 0 m m としたので、安定したシリコン粉末の溶融が継続できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 8 】

以下、この発明の実施例 1 に係る粒状シリコン製造方法およびその装置を具体的に説明する。

【実施例 1】

【 0 0 2 9 】

図 1 において、10 はこの発明の実施例 1 に係る粒状シリコン製造装置で、この粒状シリコン製造装置 10 は、上開口部 11 a から粉末シリコン 12 が投入され、かつ下開口部 11 b から、粉末シリコン 12 が溶けた溶融シリコン 13 が連続して滴下される下窄み形状のルツボ 11 と、下開口部 11 b の外回りに配置された高周波誘導コイル 14 と、高周波誘導コイル 14 と下開口部 11 b との間に抜き差し可能に設けられ、高周波誘導コイル 14 の起動により加熱され、その輻射熱で、下開口部内のシリコンブロック 15 および粉末シリコン 12 の一部を溶融させる補助加熱用の導電円筒 16 と、導電円筒 16 を、高周波誘導コイル 14 と下開口部 11 b との間に抜き差しさせる電動シリンダ（抜き差し手段）17 とを備えている。

【 0 0 3 0 】

以下、これらの構成体を詳細に説明する。

ルツボ 11 は、全体が下窄み形状の石英製の容器で、図 1 において、ルツボ 11 の上部の傾斜角度（5°）より下部の傾斜角度（25°）の方が大きくなっている。ルツボ 11 の上開口部 11 a の内径（開口直径）は 200 m m、下開口部 11 b の下端内径は 6 m m である。

ここでいう下開口部 11 b とは、ルツボ 11 の前記下部の略下半分で、下方へ向けて徐々に小径化したロート部分と、このロート部分の下端の開口に連通され、全長にわたって開口面積が等しい筒体部分とを含む部分をいう。

【 0 0 3 1 】

粉末シリコン 12 およびシリコンブロック 15 は、純度 99.99% のシリコンからなる。粉末シリコン 12 の平均粒径は 10 μ m である。

ルツボ 11 の内側空間には、粉末シリコン 12 を攪拌しながら、下端に形成された吹き出し口 18 a より、還元ガス G を溶融シリコン 13 の液面に吹き付ける攪拌ノズル 18 が収納されている。攪拌ノズル 18 は、垂直方向へ長い細管で、図示しない 60 H z の電磁バイブレータが設けられている。還元ガス G としては、5 容量 % の水素が混入されたアルゴンガスが採用されている。還元ガス G の流出量は、粉末シリコン 12 の還元ガス G による巻き上げが発生せず、粉末シリコン 12 を円滑に溶融シリコン 13 に溶かし込める 10

10

20

30

40

50

リットル／分である。

【 0 0 3 2 】

ルツボ 1 1 の下部から下開口部 1 1 b までの外回りには、ルツボ 1 1 の外周面から数 m m ~ 数 c m だけ離間して、銅製の内部に冷却水を流す構造の高周波誘導コイル 1 4 が巻かれている。

導電円筒 1 6 は、下開口部 1 1 b の外径より内径が大きく、かつ高周波誘導コイル 1 4 の内径より外径が小さい黒鉛製の円筒である。導電円筒 1 6 の上端部は、下開口部 1 1 b の前記ロート部分の傾斜に合わせ、上方へ向かうほど徐々に拡径化されている。

電動シリンダ 1 7 は、ロッド 1 7 a が上方へ出し入れされる縦長なアクチュエータである。ロッド 1 7 a は、水平に屈曲した上端部が導電円筒 1 6 の外周面の一部に連結されている。電動シリンダ 1 7 によりロッド 1 7 a を出し入れすることで、導電円筒 1 6 が高周波の電磁界から出し入れされる。

シリコンブロック 1 5 は、多結晶シリコンからなる厚さ 1 0 m m の円盤形状のブロックである。

【 0 0 3 3 】

次に、この実施例 1 の粒状シリコン製造装置を用いた粒状シリコンの製造方法を説明する。

まず、電動シリンダ 1 7 によりロッド 1 7 a を突出させ、導電円筒 1 6 を高周波誘導コイル 1 4 と下開口部 1 1 b との間（高周波交流電界内）に配置する。具体的には、導電円筒 1 6 の上開口が前記ロート部分の下端部と対峙する位置で、かつ導電円筒 1 6 の下開口が、前記筒体部分の下開口付近と対峙する位置に、導電円筒 1 6 が配置される。このような位置に導電円筒 1 6 を配置したことで、溶融開始時には最上部に配置し溶融開始時間を短くし、安定した溶融シリコン流が得られた後は下部開口部が閉塞しない範囲で下部に下げ、ルツボの劣化を遅らせることができる。

【 0 0 3 4 】

次に、高周波誘導コイル 1 4 に通電する（周波数 1 0 0 k H z 、出力 4 0 K W ）。発生した高周波の磁界が黒鉛製の導電円筒 1 6 に作用し、渦電流損やヒステリシス損が生じた導電円筒 1 6 が 1 0 0 0 まで加熱される。その際、導電円筒 1 6 の輻射熱により、下開口部内のシリコンブロック 1 5 の外周部の温度が数百度程度に上昇し、誘導電流が直接流れ始める。シリコンブロック 1 5 に流れる誘導電流によりシリコンの溶融体ができ、この溶融体に粉末シリコン 1 2 の一部が溶かされる。

それ以降は、電動シリンダ 1 7 のロッド 1 7 a を引き込ませて高周波誘導コイル 1 4 と下開口部 1 1 b との間から導電円筒 1 6 を抜き取り、加熱で電気的な抵抗率が低下した溶融シリコン 1 3 を、直接、高周波誘導コイル 1 4 によって高周波誘導加熱する。

【 0 0 3 5 】

このように、粉末シリコン 1 2 の原料として高純度シリコンを採用した場合でも、従来法で採用された予熱装置を用いることなく、製造開始時から粒状シリコン 1 9 を継続して製造することができる。また、下窄み形状のルツボ 1 1 を採用したので、ルツボ 1 1 の小型化が図れる。しかも、高周波誘導コイル 1 4 によるルツボ 1 1 の加熱範囲が下窄みした下開口部付近に限定されるので、高さ方向の全長にわたって断面積が、一定の円筒ルツボや矩形ルツボを使用する場合に比べて、ルツボ 1 1 の加熱容積が小さくなる。その結果、このような形状のルツボを使用する場合に比べて、高周波誘導加熱時の使用電力を削減することができる。また、下開口部 1 1 b の内径を 6 m m としたので、同じ量のシリコン溶融流を得るための円筒ルツボに比べて加熱部分の表面積が 1 / 5 以下になり、熱効率が 1 桁程度高まるという効果が得られる。

なお、シリコンブロック 1 5 の溶融後は、導電円筒 1 6 を必ずしも高周波誘導コイル 1 4 と下開口部 1 1 b との間から抜き取らなくても、導電円筒 1 6 の輻射熱を利用した溶融シリコン 1 3 の加熱を継続するようにしてもよい。

【 0 0 3 6 】

次に、図 2 を参照して、この発明の実施例 2 に係る粒状シリコン製造方法およびその装

10

20

30

40

50

置を説明する。

図 2 に示すように、実施例 2 に係る粒状シリコン製造装置 20 の特徴は、ルツボ 11 の下開口部 11b の直下に、下開口部 11b から滴下された直後の粒状シリコン 19 が、斜面を転がりながら冷却される冷却傾斜板 21 を設けた点である。

冷却傾斜板 21 は、石英製で下方へ向かうほど徐々に曲率が大きくなった板材である。ルツボ 11 の下開口部から滴下された粒状シリコン 19 は、表面張力により球状化された後、粒冷却傾斜板 21 の内面を転がりながら徐々に冷却される。これにより、例えば完全に固まる前の粒状シリコン 19 が、図示しない回収容器の底板に衝突した際の衝撃による変形を防ぐことができる。しかも、粒状シリコン 18 が底板に衝突した際の圧力が数分の 1 となるため、粒状シリコン 19 に不純物が混入するおそれが低減される。

10

その他の構成、作用および効果は、実施例と同じであるので、説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】この発明の実施例 1 に係る粒状シリコン製造装置の縦断面図である。

【図 2】この発明の実施例 2 に係る粒状シリコン製造装置の要部縦断面図である。

【符号の説明】

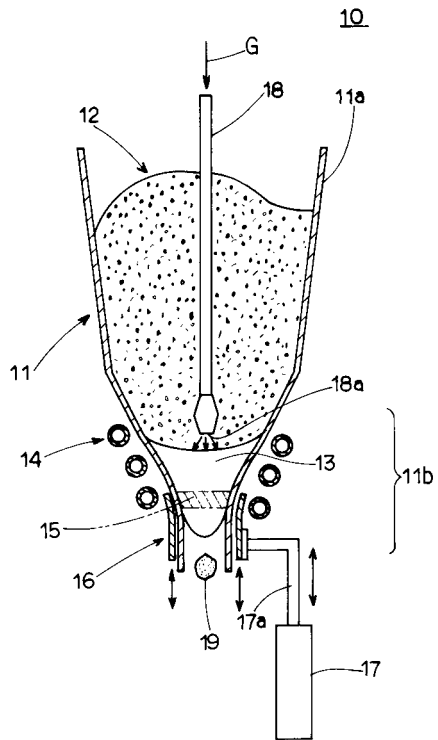
【0038】

- 10, 20 粒状シリコン製造装置、
- 11 ルツボ、
- 11a 上開口部、
- 11b 下開口部、
- 12 粉末シリコン、
- 13 熔融シリコン、
- 14 高周波誘導コイル、
- 15 シリコンブロック、
- 16 導電円筒、
- 17 電動シリンダ（抜き差し手段）、
- 18 攪拌ノズル、
- 19 粒状シリコン、
- 21 冷却傾斜板、
- G 還元ガス。

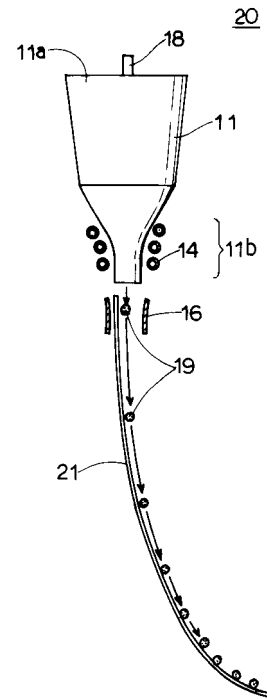
20

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-247783(JP,A)
特開2006-206368(JP,A)
特開2004-244276(JP,A)
特開2005-16855(JP,A)
国際公開第2008/047881(WO,A1)
特開2001-48697(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C01B 33/00-33/193