

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-500603

(P2025-500603A)

(43)公表日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
C 3 0 B 29/06 (2006.01)	C 3 0 B 29/06 5 0 2 A	4 G 0 7 7
C 3 0 B 15/00 (2006.01)	C 3 0 B 15/00 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全19頁)

(21)出願番号	特願2024-540745(P2024-540745)	(71)出願人	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 3 0 0 7 5 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
(86)(22)出願日	令和5年1月5日(2023.1.5)	(74)代理人	100145403 弁理士 山尾 憲人
(85)翻訳文提出日	令和6年8月28日(2024.8.28)	(74)代理人	100184343 弁理士 川崎 茂雄
(86)国際出願番号	PCT/EP2023/050146	(72)発明者	ポッリーニ, マリア イタリア 3 9 0 1 2 シニゴ, ヴィア・ナツィオナーレ 5 9, エムイーエムシー・
(87)国際公開番号	WO2023/131634		
(87)国際公開日	令和5年7月13日(2023.7.13)		
(31)優先権主張番号	17/570,141		
(32)優先日	令和4年1月6日(2022.1.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	17/570,146		
(32)優先日	令和4年1月6日(2022.1.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ 最終頁に続く		
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シリコン供給チューブの不活性ガス制御を伴った単結晶シリコンインゴットを成長させる方法

(57)【要約】

シリコン供給チューブの不活性ガス制御を伴った単結晶シリコンインゴットを成長させる方法が開示されている。シリコン供給チューブから成長チャンバへのガスの逆流を低減するために、シリコン漏斗又はシリコン供給チューブから径方向に延びるフランジを含むインゴット引上げ装置も開示されている。

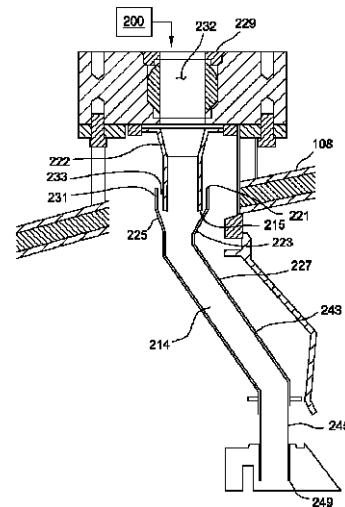


FIG. 6

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

インゴット引上げ装置において単結晶シリコンインゴットを連続チョクラルスキープロセスで成長させる方法であって、前記インゴット引上げ装置は、成長チャンバを画定するハウジングと、前記成長チャンバに配置された坩堝アセンブリと、前記坩堝アセンブリに固体シリコンを加えるためのシリコン供給チューブとを備えており、前記方法は、

坩堝アセンブリにおいてシリコンの溶融物を形成すること、

安定化段階において前記溶融物に熱を加えること、

前記安定化段階の間、不活性ガスを第 1 不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入すること、

前記溶融物の表面を種結晶と接触させること、

インゴット成長段階において前記溶融物から単結晶シリコンインゴットを引き出すこと

10

、
前記インゴット成長段階の間、前記不活性ガスを第 2 不活性ガス供給量で前記シリコン供給チューブに導入すること、ここで、前記第 1 不活性ガス供給量は、前記第 2 不活性ガス供給量より大きい、

を含む、方法。

【請求項 2】

前記第 1 不活性ガス供給量と前記第 2 不活性ガス供給量との比は、少なくとも 5 : 4、少なくとも 4 : 3、少なくとも 3 : 2 又は少なくとも 2 : 1 である、

請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

前記第 1 不活性ガス供給量は 3 s l p m より大きく、前記第 2 不活性ガス供給量は 1 s l p m ~ 3 s l p m である、

請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記不活性ガスは、アルゴンである、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 つに記載の方法。

【請求項 5】

前記シリコン供給チューブは、漏斗の下方に配置されており、前記不活性ガスは、前記漏斗を通して前記シリコン供給チューブに流れる、

請求項 1 ~ 4 の何れか 1 つに記載の方法。

30

【請求項 6】

前記インゴット引上げ装置は、供給トレイを有するシリコン供給システムを備えており、前記シリコン供給システムは、密閉されており、前記不活性ガスは、不活性ガス供給容器から前記シリコン供給システムに導入される、

請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記坩堝アセンブリは、堰と側壁とを有しており、前記堰と前記側壁とは、前記堰と前記側壁との間に外側溶融ゾーンを画定しており、前記方法は、前記溶融物から単結晶シリコンインゴットを引き出している間に前記シリコン供給チューブにシリコンを導入することを含んでおり、シリコンは、前記シリコン供給チューブを通過して前記外側溶融ゾーンに入る、

請求項 1 ~ 6 の何れか 1 つに記載の方法。

40

【請求項 8】

前記安定化段階は、少なくとも前記溶融物の形成と、前記溶融物の前記表面と前記種結晶との接触と、の間に及ぶ、

請求項 1 ~ 7 の何れか 1 つに記載の方法。

【請求項 9】

前記安定化段階は、前記坩堝アセンブリに配置されたシリコンの溶融を含む、

50

請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

インゴット引上げ装置において単結晶シリコンインゴットを連続チョクラルスキープロセスで成長させる方法であって、前記インゴット引上げ装置は、成長チャンバを画定するハウジングと、前記成長チャンバに配置された坩堝アセンブリと、前記坩堝アセンブリに固体シリコンを加えるためのシリコン供給チューブとを備えており、前記方法は、

坩堝アセンブリにおいてシリコンの溶融物を形成すること、

安定化段階において前記溶融物に熱を加えること、

前記安定化段階の間、不活性ガスを第 1 不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入すること、ここで、前記第 1 不活性ガス供給量は、 $2.5 \sim 3.5 \text{ slpm}$ の間であり

10

、前記溶融物の表面を種結晶と接触させること、

インゴット成長段階において前記溶融物から単結晶シリコンインゴットを引き出すこと

、前記インゴット成長段階の間、前記不活性ガスを第 2 不活性ガス供給量で前記シリコン供給チューブに導入すること、ここで、前記第 2 不活性ガス供給量は、 $2.5 \sim 3.5 \text{ slpm}$ の間である、

を含む、方法。

【請求項 11】

前記不活性ガスは、アルゴンである、

請求項 10 に記載の方法。

20

【請求項 12】

前記第 1 不活性ガス供給量と前記第 2 不活性ガス供給量とはそれぞれ、約 3.0 slpm である、

請求項 10 又は 11 に記載の方法。

【請求項 13】

単結晶シリコンインゴットを製造するためのインゴット引上げ装置であって、前記インゴット引上げ装置は、

シリコン溶融物を保持するための坩堝アセンブリと、

シリコンインゴットを前記溶融物から引き上げるための成長チャンバを画定する結晶引上げハウジングであって、前記坩堝アセンブリが前記成長チャンバ内に配置される、前記結晶引上げハウジングと、

30

固体シリコンを前記坩堝アセンブリに加えるためのシリコン供給チューブと、

前記シリコン供給チューブ内に少なくとも部分的に延びる漏斗であって、前記漏斗と前記シリコン供給チューブとが隙間によって隔てられている、前記漏斗と、

前記漏斗又は前記シリコン供給チューブから径方向に延びるフランジであって、前記シリコン供給チューブから前記成長チャンバへのガスの逆流を低減するために、前記隙間の少なくとも一部を横切って延びる、前記フランジと

を備える、インゴット引上げ装置。

【請求項 14】

前記フランジは、前記漏斗から延びている、

請求項 13 に記載のインゴット引上げ装置。

40

【請求項 15】

前記フランジは、前記シリコン供給チューブの上方に配置されている、

請求項 14 に記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 16】

前記フランジは、前記シリコン供給チューブの上端に接触する、

請求項 15 に記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 17】

前記フランジは、石英リングである、

50

請求項 14 ~ 16 の何れか 1 つに記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 18】

前記フランジは、前記シリコン供給チューブ内に配置されている、請求項 14 に記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 19】

前記フランジは、前記隙間を横切って部分的にのみ延びている、請求項 18 に記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 20】

前記フランジは、前記漏斗の下端から延びている、請求項 18 又は 19 に記載のインゴット引上げ装置。

10

【請求項 21】

前記フランジは、石英製である、請求項 18 ~ 20 の何れか 1 つに記載のインゴット引上げ装置。

【請求項 22】

前記シリコン供給チューブは、受け部と、前記受け部よりも小さい直径を有する主部とを有しており、前記漏斗は、前記受け部内に少なくとも部分的に配置されている、請求項 13 ~ 21 の何れか 1 つに記載のインゴット引上げ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

関連出願の相互参照

本出願は、2022年1月6日出願の米国非仮特許出願第15/570,141号及び2022年1月6日出願の米国非仮特許出願第15/570,146号の優先権を主張する。

【0002】

本開示の分野は、シリコン供給チューブの不活性ガス制御を伴った単結晶シリコンインゴットを成長させる方法、及びシリコン供給チューブから成長チャンバへのガスの逆流を低減するためにシリコン漏斗又はシリコン供給チューブから径方向に延びるフランジを含むインゴット引上げ装置に関する。

【背景技術】

30

【0003】

連続チョコラルスキー (CCZ) は、直径300mm又は200mmの単結晶シリコンインゴットを形成させるのによく適している。連続チョコラルスキー法は、インゴットが成長している一方で溶融物に固体の多結晶シリコンを連続的又は断続的に添加して溶融物を補充しながら、シリコンの溶融物から単結晶シリコンインゴットを形成することを伴う。当該方法は、ホットゾーンが温度を維持したまま (すなわち、複数のインゴットが成長している間に坩堝アセンブリに溶融物が連続的に存在したまま)、同じ溶融物から複数のインゴットを形成することを伴い得る。

【0004】

固体状態のシリコンは、シリコンを溶融物に向けるシリコン供給チューブを通して溶融物に加えられる。定期的にシリコン供給チューブが閉塞し、シリコンがチューブを通過できなくなることがある。供給チューブの目詰まりは、インゴット生産を停止させ、インゴット引き上げ装置を停止させ、スループットを低下させ、コストを増加させる。目詰まりを低減するために、アルゴン等の不活性ガスをチューブに通過させ得る。しかし、不活性ガスの流れは、溶融物に形成される不活性ガスの気泡 (例えばアルゴンの気泡) を生じさせ得、得られるインゴット及びスライスウェーハのポイド数に影響を与える。顧客は、連続チョコラルスキーで成長したウェーハが、標準的なバッチ式のチョコラルスキーで成長したウェーハと同じように、比較的少ないポイド数を有することを期待している。

40

【0005】

シリコン供給チューブの閉塞を低減させ、溶融物に過剰な不活性ガス気泡の形成を生じ

50

させない、インゴット引き上げ装置及びインゴット形成方法のニーズが存在する。

【0006】

この節は、以下で説明及び/又は請求される本開示の様々な側面に関連し得る技術の様々な側面を読者に紹介することが意図されている。この説明は、本開示の様々な側面をよりよく理解することを容易にするための背景情報を読者に提供する上で有益であると考えられる。したがって、これらの陳述は、この観点で読まれるべきであり、先行技術を認めるものではないと理解すべきである。

【発明の概要】

【0007】

本開示の一側面は、インゴット引き上げ装置において単結晶シリコンインゴットを連続チョクラルスキープロセスで成長させる方法に向けられる。インゴット引き上げ装置は、成長チャンバを画定するハウジングと、成長チャンバに配置された坩堝アセンブリと、坩堝アセンブリに固体シリコンを加えるためのシリコン供給チューブとを含む。シリコンの溶融物は、坩堝アセンブリにおいて形成される。安定化段階において、溶融物に熱が加えられる。不活性ガスは、安定化段階の間、第1不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。溶融物の表面は、種結晶と接触させられる。単結晶シリコンインゴットは、インゴット成長段階において溶融物から引き出される。不活性ガスは、インゴット成長段階の間、第2不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。第1不活性ガス供給量は、第2不活性ガス供給量より大きい。

10

【0008】

本開示の他の側面は、インゴット引き上げ装置において単結晶シリコンインゴットを連続チョクラルスキープロセスで成長させる方法に向けられる。インゴット引き上げ装置は、成長チャンバを画定するハウジングと、成長チャンバに配置された坩堝アセンブリと、坩堝アセンブリに固体シリコンを加えるためのシリコン供給チューブとを含む。シリコンの溶融物は、坩堝アセンブリにおいて形成される。安定化段階において、溶融物に熱が加えられる。不活性ガスは、安定化段階の間、第1不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。第1不活性ガス供給量は、2.5~3.5slpmの間である。溶融物の表面は、種結晶と接触させられる。単結晶シリコンインゴットは、インゴット成長段階において溶融物から引き出される。不活性ガスは、インゴット成長段階の間、第2不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。第2不活性ガス供給量は、2.5~3.5slpmの間である。

20

【0009】

本開示のさらなる側面は、単結晶シリコンインゴットを製造するためのインゴット引き上げ装置に向けられる。インゴット引き上げ装置は、シリコン溶融物を保持するための坩堝アセンブリを含む。結晶引き上げハウジングは、シリコンインゴットを溶融物から引き上げるための成長チャンバを画定する。坩堝アセンブリは、成長チャンバ内に配置される。インゴット引き上げ装置は、固体シリコンを坩堝アセンブリに加えるためのシリコン供給チューブを含む。漏斗は、シリコン供給チューブ内に少なくとも部分的に延びている。漏斗とシリコン供給チューブとは、隙間によって隔てられている。フランジは、漏斗又はシリコン供給チューブから径方向に延びている。フランジは、シリコン供給チューブから成長チャンバへのガスの逆流を低減するために、隙間の少なくとも一部を横切って延びている。

30

40

【0010】

本開示の上述の側面に関連して言及される特徴の様々な改良が存在する。さらなる特徴はまた、同様に本開示の上述の側面に組み込まれ得る。これらの改良及び追加の特徴は、個々又は任意の組み合わせで存在してもよい。例えば、本開示の図示された実施形態の何れかに関連して以下で説明される様々な特徴は、単独又は任意の組み合わせで、本開示の上述の側面の何れかに組み込まれ得る。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】坩堝アセンブリに配置されたシリコンチャージを有するインゴット引き上げ装置の

50

一例の断面図である。

【0012】

【図2】溶融後及び安定化段階の間におけるインゴット引上げ装置の断面図である。

【0013】

【図3】インゴット成長段階を開始するために溶融物に接触するようにシリコン種結晶が下がっているインゴット引上げ装置の断面図である。

【0014】

【図4】インゴット成長段階の間におけるインゴット引上げ装置の断面図である。

【0015】

【図5】坩堝アセンブリにシリコンを加えるシリコン供給システムの斜視図である。

10

【0016】

【図6】インゴット引上げ装置の詳細断面図であり、シリコン供給チューブを示している。

【0017】

【図7】インゴット引上げ装置の実施形態の詳細断面図であり、漏斗から延びるフランジを示している。

【0018】

【図8】インゴット引上げ装置の他の実施形態の詳細断面図であり、漏斗の下端から延びるフランジを示している。

【0019】

20

【図9】インゴット成長段階の間のシリコン供給チューブにおけるSiO₂の質量分率のシミュレーションである。

【0020】

【図10】安定化段階の間のシリコン供給チューブにおけるSiO₂の質量分率のシミュレーションである。

【0021】

【図11】シリコン供給チューブを通るアルゴンガス流量が12slpmで成長したウェーハ（結晶1及び結晶2）と、シリコン供給チューブを通るアルゴンガス流量が3slpmで成長したウェーハ（結晶3）とについての、欠陥数のボックスプロットを示している。

30

【0022】

対応する参照符号は、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】

【0023】

本開示の提供は、インゴット引上げ装置において連続チョクラルスキープロセスで単結晶シリコンインゴットを成長させる方法と、漏斗とシリコン供給チューブとの間の隙間の一部を横切って延びるフランジを有するインゴット引上げ装置とに関する。当該方法と装置により、シリコン供給チューブの下流側の目詰まりが低減され得る。

【0024】

インゴット引上げ装置（又はより単に「インゴット引上げ機」）の実施例は、図1において概して「100」で示されている。インゴット引上げ装置100は、半導体又はソーラグレード原料のシリコンの溶融物104（図2）を保持するための坩堝アセンブリ102を含む。坩堝アセンブリ102は、サセプタ106によって支持されている。インゴット引上げ装置100は、シリコンインゴット113（図4）を引上げ軸Aに沿って溶融物104から引上げるための成長チャンバ152を画定する結晶引上げハウジング108を含む。

40

【0025】

坩堝アセンブリ102は、側壁131（図1）と、溶融物を異なる溶融ゾーンに隔てる1つ以上の流体障壁121、130すなわち「堰」とを有する。図示の実施形態において、坩堝アセンブリ102は、第1堰121を含む。第1堰121と側壁131とは、シリ

50

コン溶融物 104 及び坩堝アセンブリ 102 の外側溶融ゾーン 143 (図 2) を画定する。坩堝アセンブリ 102 は、シリコン溶融物 104 及び坩堝アセンブリ 102 の内側溶融ゾーン 127 を画定する、第 1 堰 121 に対して径方向内側の第 2 堰 130 を含む。内側溶融ゾーン 127 は、単結晶シリコンインゴット 113 (図 4) が成長する成長領域である。第 1 堰 121 と第 2 堰 130 とは、坩堝アセンブリ 102 及びシリコン溶融物 104 の中間溶融ゾーン 132 を画定しており、当該ゾーンにおいて、溶融物 104 は、内側溶融ゾーン 127 に向かって移動する際に安定化し得る。第 1 堰 121 と第 2 堰 130 とはそれぞれ、溶融シリコンが内側溶融ゾーン 127 に向かって径方向内側に流れるのを可能にするために、そこに形成された少なくとも 1 つの開口を有する。

【0026】

図示の実施形態において、第 1 堰 121、第 2 堰 130、及び側壁 131 はそれぞれ、概して環状形状を有する。第 1 堰 121、第 2 堰 130、及び側壁 131 は、坩堝アセンブリ 102 の底部又は床部 129 で接合された 3 つの入れ子式坩堝の一部であってもよい (すなわち、第 1 堰 121 と第 2 堰 130 とは、より大きな坩堝内で入れ子になった 2 つの坩堝の側壁である)。図 1 ~ 4 に描かれている坩堝アセンブリの構成は例示的なものである。他の実施形態において、坩堝アセンブリ 102 は、堰が床部 129 から上方に延びている単層の床部を有する (すなわち、入れ子式坩堝を有さない)。任意に、床部 129 は湾曲ではなく平坦であってもよく、及び / 又は、堰 121、130 及び / 又は側壁 131 は直線状であってもよい。さらに、図示の坩堝アセンブリ 102 は、2 つの堰を有するように示されているが、他の実施形態において、坩堝アセンブリは、単一の堰を有するか、又は堰を有さなくてもよい。

【0027】

サセプタ 106 は、シャフト 105 によって支持されている。サセプタ 106、坩堝アセンブリ 102、シャフト 105、及びインゴット 113 (図 4) は、共通の長手方向軸すなわち「引上げ軸」A を有する。

【0028】

インゴット引上げ装置 100 内には、インゴット 113 (図 4) を成長させて溶融物 104 から引き上げるための引上げ機構 114 が設けられている。引上げ機構 114 は、引上げケーブル 118 と、引上げケーブル 118 の一端に結合されたシードホルダ又はチャック 120 と、結晶成長を開始するためにシードホルダ又はチャック 120 に結合された種結晶 122 とを含む。引上げケーブル 118 の一端は、プーリ (図示せず) 又はドラム (図示せず)、あるいは他の適切なタイプの持ち上げ機構、例えばシャフトに接続されており、他端は、種結晶 122 を保持するチャック 120 に接続されている。操作において、種結晶 122 は、溶融物 104 の表面に接触するために下降する (図 3)。引上げ機構 114 は、種結晶 122 を上昇させるように作動させられる。これにより、単結晶インゴット 113 (図 4) が溶融物 104 から引き上げられる。

【0029】

加熱及び結晶引上げの間、坩堝駆動ユニット 107 (例えばモータ) は、坩堝アセンブリ 102 とサセプタ 106 とを回転させる。リフト機構 112 は、成長プロセスの間、坩堝アセンブリ 102 を引上げ軸 A に沿って昇降させる。例えば、坩堝アセンブリ 102 は、坩堝アセンブリ 102 に前もって加えられている固相多結晶シリコン 133 のチャージが溶融される最も低い位置 (底部ヒータ 126 の近く) にあり得る。結晶成長は、溶融物 104 (図 2) を種結晶 122 と接触させ、引上げ機構 114 で種結晶 122 を持ち上げることによって、開始する。

【0030】

結晶駆動ユニット (図示せず) はまた、引上げケーブル 118 とインゴット 113 (図 4) とを、坩堝駆動ユニット 107 が坩堝アセンブリ 102 を回転させる方向とは反対の方向に回転させてもよい (例えば、逆回転)。同方向回転を使用する実施形態では、結晶駆動ユニットは、坩堝駆動ユニット 107 が坩堝アセンブリ 102 を回転させるのと同じ方向に引上げケーブル 118 を回転させ得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

チョコラルスキー単結晶成長プロセスによれば、多結晶シリコン又はポリシリコン等の固相シリコン 1 3 3 (図 1) の量は、坩堝アセンブリ 1 0 2 にチャージされる。坩堝アセンブリ 1 0 2 に導入される半導体又はソーラグレードの原料は、1 つ以上の加熱要素から供給される熱によって溶融する。固相シリコンチャージ 1 3 3 のサイズは、インゴット成長開始時の溶融物の所望のサイズに対応するか、又は他の実施形態のように、より少ないチャージが使用され、インゴット成長の開始中に存在する溶融物の初期体積を形成するために、追加のシリコンがシリコン供給システム 2 0 0 によって追加される。

【 0 0 3 2 】

インゴット引上げ装置 1 0 0 は、引上げ装置 1 0 0 における熱を保持するための、底部断熱材 1 1 0 と側部断熱材 1 2 4 とを含む。図示の実施形態において、インゴット引上げ装置 1 0 0 は、坩堝床部 1 2 9 の下方に配置された底部ヒータ 1 2 6 を含む。坩堝アセンブリ 1 0 2 は、坩堝アセンブリ 1 0 2 にチャージされた多結晶を溶融させるために、底部ヒータ 1 2 6 に比較的近接するように移動し得る。

10

【 0 0 3 3 】

シリコン溶融物 1 0 4 は、インゴット成長段階の前の安定化段階で安定化する。いくつかの実施形態において、安定化段階は、少なくとも溶融物の形成 (溶融後) と、溶融物の表面と種結晶との接触と、の間の期間を含む。いくつかの実施形態において、安定化段階は、シリコンが坩堝アセンブリ 1 0 2 において溶融している期間 (すなわち、初期チャージ及び初期溶融物を形成するために追加された他のシリコンの溶融) も含む。

20

【 0 0 3 4 】

インゴットを形成するために、溶融物が安定化段階で安定化した後、種結晶 1 2 2 は、図 3 に示されるように、溶融物 1 0 4 の表面 1 1 1 と接触する。引上げ機構 1 1 4 は、インゴット成長段階において溶融物 1 0 4 から種結晶 1 2 2 を引上げるために作動する。次に図 4 を参照すると、インゴット 1 1 3 は、クラウン部 1 4 2 を含んでおり、当該クラウン部 1 4 2 において、インゴットは、種結晶 1 2 2 から外向きに移行してテーパ状となり、目標直径に達する。インゴット 1 1 3 は、一定直径部 1 4 5、すなわち円柱の結晶「本体」を含んでおり、当該結晶本体は、引上げ速度を増加させることによって成長する。インゴット 1 1 3 の本体 1 4 5 は、比較的一定の直径を有する。インゴット 1 1 3 は、本体 1 4 5 の後に直径が先細るテール又はエンドコーン (図示せず) を含む。直径が十分小さくなると、インゴット 1 1 3 は、溶融物 1 0 4 から分離される。

30

【 0 0 3 5 】

インゴット引上げ装置 1 0 0 は、結晶成長中に溶融物 1 0 4 の温度を維持するための、坩堝アセンブリ 1 0 2 を包囲する側部ヒータ 1 3 5 とサセプタ 1 0 6 とを含む。側部ヒータ 1 3 5 は、坩堝アセンブリ 1 0 2 が引上げ軸 A を上下に移動しているとき、坩堝側壁 1 3 1 に対して径方向外側に配置されている。側部ヒータ 1 3 5 と底部ヒータ 1 2 6 とは、本明細書に記載されるように動作することを可能にする任意のタイプのヒータであってもよい。いくつかの実施形態において、ヒータ 1 3 5、1 2 6 は抵抗ヒータである。側部ヒータ 1 3 5 と底部ヒータ 1 2 6 とは、溶融物 1 0 4 の温度が引上げプロセス全体を通して制御されるように、制御システム (図示せず) によって制御されてもよい。

40

【 0 0 3 6 】

インゴット引上げ装置 1 0 0 は、ヒートシールド 1 5 1 を含み得る。ヒートシールド 1 5 1 は、インゴット 1 1 3 を覆い、結晶成長中、坩堝アセンブリ 1 0 2 内に配置され得る (図 4) 。インゴット引上げ装置 1 0 0 は、成長チャンバ 1 5 2 からアルゴン等の不活性ガスを導入し、回収する不活性ガスシステムを含み得る。

【 0 0 3 7 】

インゴット引上げ装置 1 0 0 はまた、固体状のシリコン (例えば、多結晶シリコン又は単結晶シリコンのスクラップ原料) を坩堝アセンブリ 1 0 2、特に外側溶融ゾーン 1 4 3 に導入するためのシリコン供給システム 2 0 0 を含む。固体状のシリコンは、インゴット 1 1 3 の成長中に実質的に一定の溶融物高さレベル及び体積を維持するために、インゴッ

50

ト成長中に連続的に加えられ得、又は結晶の間に断続的に加えられ得る。シリコン供給システム200によって坩堝アセンブリ102に供給される固体シリコンは、例えば、粒状、塊状、チップ状、又はそれらの組み合わせであり得る。シリコン供給システム200は、固体シリコンを、シリコン供給チューブ214内に加え、シリコン供給チューブ214を通して供給する。ここで図5を参照すると、本開示のシリコン供給システム200の一例が示されている。シリコン供給システム200は、固体状のシリコンを保持するキャニスタ204を含む。キャニスタ204は、キャニスタ204を密閉する取り外し可能な蓋207を含む。キャニスタ204はまた、キャニスタ204の下方に配置された供給トレイ260にシリコンを向ける漏斗部211を含む。

【0038】

シリコンをキャニスタ204から供給チューブ214に移動させるために、シリコン供給システム200は、キャニスタ204の下方に配置され、キャニスタ204と、インゴット引上げハウジング108を通過して延びるポート229(図6)との間に延びる、供給トレイ260を含む。供給トレイ260は、パイプレータ262の上方に配置され、パイプレータ262に接続されている。パイプレータ262に電力を供給すると、供給トレイ260が振動し、シリコンがキャニスタ204から供給トレイ260をわたって搬送される。シリコンは、供給トレイ260からポート開口部232(図6)に排出される(例えば、供給トレイ260の下方に配置されたチューブ又はシュート(図示せず)を通過して)。シリコンは、ポート開口部232を通過して、ポート229の下に配置された漏斗222の中に落ちる。漏斗222から、シリコンは、シリコンチューブ214の中に落ちる。シリコンは、溶融物表面の位置を一定に維持するように加えられ得、パイプレータ262に供給される電力によって制御され得る。

【0039】

ポート229とシリコン供給チューブ214とは、インゴット引上げ装置100の成長チャンバ152(図1)を周囲の環境から隔離するために、キャニスタ204で密閉されている。例えば、シリコン供給システム200は、外側ハウジング252を含み得、供給システムの他の構成要素が外側ハウジング252内に配置されている。アルゴン等の不活性ガスは、不活性ガス供給容器255から外側ハウジング252に導入され得る。不活性ガスは、ポート開口部232(図6)を通過して、シリコン供給チューブ214に入る。

【0040】

シリコン供給システム200は、例示的なものであり、シリコンを坩堝アセンブリ102に導入することを可能にする任意の供給システムが使用され得る。例えば、他の供給システムには液体供給システムが含まれてもよい。

【0041】

次に図6を参照すると、チューブ214は、受け部225と、受け部225の下方に配置された主部227とを含む。漏斗222は、シリコン供給チューブ214の受け部225内に部分的に配置されている。チューブの受け部225は、一定の直径部分231と、チューブ214の主部227へ先細りとなっている先細り部分223とを含む。チューブ214の主部227は、アングル部分243(すなわち、引上げ装置100において径方向向きに延びる部分)と、アングル部分243から延びる末端部分245とを有する。シリコンチューブ214は、上端221と下端249とを含む。

【0042】

本開示の実施形態によれば、ポート229に導入され、漏斗222及びシリコンチューブ214を通過して移動する、不活性ガスの量は、チューブ214の下流の目詰まりを低減するように調節される。例えば、安定化段階及びインゴット成長段階の間において、異なる流量が使用され得る。安定化段階の間、不活性ガスは、第1不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。インゴット成長段階の間、不活性ガスは、第2不活性ガス供給量でシリコン供給チューブに導入される。第1不活性ガス供給量は、第2不活性ガス供給量よりも大きい。例えば、第1不活性ガス供給量と第2不活性ガス供給量との比は、少なくとも5:4、少なくとも4:3、少なくとも3:2、又は少なくとも2:1であり

10

20

30

40

50

得る。いくつかの実施形態において、第1不活性ガス供給量は3 s l p mより大きく、第2不活性ガス供給量は1 s l p m ~ 3 s l p mである。例えば、いくつかの特定の実施形態によれば、第1不活性ガス供給量及び第2不活性ガス供給量は、それぞれ2 . 5 ~ 3 . 5 s l p mの間である。

【0043】

上述した不活性ガス供給量及び比率は、それぞれの安定化段階又は不活性ガス段階の全体、又はいくつかの実施形態のように、それぞれの段階の少なくとも75%、又はそれぞれの段階の少なくとも85%、少なくとも95%、又は少なくとも99%に適用され得ることに留意すべきである。

【0044】

いくつかの実施形態において、漏斗222とシリコン供給チューブ214との間には、隙間233（例えば図6に示されるような開いた隙間）が存在し得る。いくらかの不活性ガスは、チューブ214の全長を通過して進まずに、隙間233から出ていき得る。本明細書に記載されている流量及び/又は流量の比率は、ポート開口部232を通過して導入されるガス（すなわち、隙間223を通過するガスの上流）の量を指し得る。

【0045】

次に図7~8を参照すると、いくつかの実施形態において、シリコン供給チューブ214及び/又は漏斗222は、従来のチューブ及び漏斗と比較して変更され得る。供給チューブ214及び/又は漏斗は、従来のチューブ及び漏斗と比較して、チューブ214の目詰まりを低減させ得る。以下に説明されるシリコン供給チューブ214及び/又は漏斗222は、上述の不活性ガスの流量及び比率と組み合わせて使用されてもよく、又は流量及び比率は、変更されたチューブ214及び漏斗222なしで使用されてもよく、変更されたチューブ214及び漏斗222は、異なる不活性ガスの流量及び比率で使用されてもよい。

【0046】

図7に示されるように、漏斗222は、シリコン供給チューブ214内に少なくとも部分的に延びている。漏斗222は、ポート229の開口部232の下方に配置された先細り部237を含む。漏斗222は、シリコン供給チューブ214内に部分的に延びるシュート部240を有する。漏斗222は、上端212と下端215とを有しており、下端215は、シリコン供給チューブ214内に配置されている。シリコン供給チューブ214は、漏斗222のシュート部240が部分的に配置されている受け部225を含む。受け部225は、チューブ214の主部227よりも大きい直径を有する。

【0047】

漏斗222とシリコン供給チューブ214とは、隙間219によって隔てられている。インゴット引上げ装置100は、漏斗222から径方向に延びるフランジ230を含む。フランジ230は、隙間219の少なくとも一部（例えば、図7に示されるように隙間219全体、又は図8に示されるように隙間219を部分的に横切る）を横切って延びており、シリコン供給チューブ214から成長チャンバ152（図1）内へのガスの逆流を低減する。

【0048】

図7に示される実施形態において、フランジ230は、漏斗222から延びており、シリコン供給チューブ214の上方（すなわち真上）に配置されている。フランジ230は、供給チューブ214の上端221に接触している。図8に示される実施形態において、フランジ230は、漏斗222から延びており、シリコン供給チューブ214（例えばチューブ214の受け部225）内に配置されている。フランジ230は、隙間219の一部を横切って部分的にのみ延びている。図示の実施形態において、フランジ230は、漏斗222の下端215から延びている。いくつかの実施形態において、図7のインゴット引上げ装置は、図8に示すフランジも含むように変更されてもよい（すなわち、インゴット引上げ装置100は両方のフランジを含む）。図7のフランジ230と図8のフランジ230とは、供給チューブ214又は漏斗222のいずれかから延びてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

フランジ 2 3 0 は、石英（例えば、失透石英）すなわち炭化ケイ素でできていてもよい。フランジ 2 3 0 は、チューブ 2 1 4 又は漏斗 2 2 2 に接続される別個のリングであってもよく、又は、チューブ 2 1 4 又は漏斗 2 2 2 と一体であってもよい（例えば、1 つの製造部品として）。

【 0 0 5 0 】

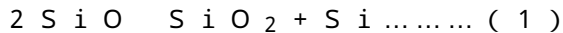
インゴット引上げ装置が従来の装置から変更された実施形態において、特に断らない限り、概して、シリコン供給チューブから成長チャンバへのガスの逆流を低減するために隙間の一部を横切って延びるフランジを含む任意のインゴット引上げ装置が使用され得ることに留意すべきである。図 7 ~ 8 に示されるインゴット引上げ装置は、例示的な装置であり、シリコンチューブ、漏斗及び / 又はフランジの他の配置が使用されてもよい。シリコン供給チューブ 2 1 4 は、シリコンの追加に言及して説明されたが、チューブ 2 1 4 は、シリコン溶融物にドーパント又は石英カレットを加えるために使用されてもよい。

10

【 0 0 5 1 】

従来の方法と比較して、連続チョクラルスキープロセスにおいて単結晶シリコンインゴットを成長させるための本開示の方法は、いくつかの利点を有する。特定の理論に束縛されることなく、供給チューブの目詰まりは、供給チューブの内表面上の酸化ケイ素（ SiO_x ）の化学蒸着によって引き起こされると考えられている。酸化ケイ素は、シリコン溶融物から生じて蒸発し、浮力によって供給チューブの内側を上昇する。一旦供給チューブ内に入ると、酸化ケイ素は、上昇し、より低温の領域に遭遇して、以下の式によって金属ケイ素及び二酸化ケイ素の析出を引き起こす。

20



SiO の濃度を 1 wt % 以下にすることによって、供給チューブにおける目詰まりが防止され得ると考えられる。安定化段階の間、シリコンの溶融を保つために使用される温度が高くなるため、 SiO の濃度を抑えることは、より困難である。供給チューブの目詰まりは、インゴット生産を停止させ、インゴット引上げ装置を停止させる。シリコン供給チューブを通過する不活性ガスの流量を、安定化段階の間では多く、インゴット成長段階の間では相対的に少なくなるように制御することによって、流量は、高温の安定化段階の間では増加し（安定化は、高温のためインゴット成長段階よりも多くの目詰まりを与える）、インゴット成長段階の間では減少し、インゴットの欠陥を引き起こす不活性ガスの気泡を低減させる。

30

【 0 0 5 2 】

インゴット引上げ装置が、漏斗又はシリコン供給チューブから径方向に延びており漏斗と供給チューブとの間の隙間の少なくとも一部を横切って延びるフランジを含む実施形態において、フランジは、シリコン供給チューブから成長チャンバ内へのガスの逆流を低減させる。

【 0 0 5 3 】

安定化段階とインゴット成長段階の両方において、不活性ガス供給量が 3 s l p m 付近（例えば 2 . 5 s l p m ~ 3 . 5 s l p m）である実施形態において、シリコン供給チューブにおける SiO の濃度は、インゴット成長プロセスのすべての段階において、C V D 反応が生じる閾値であると考えられる 1 . 0 w t % に維持され得る。

40

【 実施例 】

【 0 0 5 4 】

本開示のプロセスは、以下の実施例によってさらに説明される。これらの実施例は、限定的な意味で見られるべきではない。

実施例 1 : 安定化段階及びインゴット成長段階の間におけるシリコン供給チューブ内の SiO 質量分率

【 0 0 5 5 】

図 9 は、インゴット成長段階の間における酸化ケイ素（ SiO ）の質量分率のシミュレーションであり、図 1 0 は、安定化段階の間における SiO の質量分率のシミュレーション

50

ンである。インゴット成長段階の間（図9）では、シリコン供給チューブへのSiOの流れは、 0.0132 g/s であった。安定化段階の間（図10）では、シリコン供給チューブへのSiOの流れは、 0.0142 g/s であった。図からわかるように、安定化段階は、インゴット成長段階と比べて高いSiOの質量分率を含んでいた。図10に示されるように、SiOの濃度は、目詰まりが最も多く発生する、チューブのアンクル部とチューブの末端部との間の接合部（すなわち、チューブの下側の曲げ部）で高かった。安定化の間、この接合部の温度は、 $900 \sim 1000$ の間であり、CVD反応の臨界温度の範囲内である。

実施例2：不活性ガス流量の低減によるウェーハ欠陥の低減

【0056】

10

3つの単結晶シリコンインゴットが、図1に示されるインゴット引上げ装置を用いて連続チヨクラルスキーによって作られた。結晶1と結晶2とは、シリコン供給チューブ214を通るアルゴン流量を 12 slpm で成長し、結晶3は、 3 slpm の流量で成長した。インゴットからスライスされたウェーハの表面の欠陥数は、インゴットごとに測定され、図11に示されている。図11に示されるように、シリコン供給チューブ214を通るアルゴン流量を 3 slpm で成長したインゴットは、欠陥が著しく少なかった。

【0057】

本明細書において、寸法、濃度、温度、又は他の物理的又は化学的特性もしくは特性の範囲と共に使用される場合、「約」、「実質的に」、「本質的に」及び「約」という用語は、例えば、丸め、測定方法、又は他の統計的变化に起因する変化を含む、特性又は特性の範囲の上限及び/又は下限に存在し得る変化をカバーすることを意味する。

20

【0058】

本開示の要素又はその実施形態を導入する場合、冠詞「a」、「an」、「the」、及び「said」は、要素が1つ以上あることを意味することを意図している。「備える」、「含む」、「含む」、「有する」という用語は、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要素があり得ることを意味する。特定の方向を示す用語の使用（例えば「上部」、「底部」、「側部」等）は説明の便宜のためであり、説明されたアイテムの特定の方向を要求するものではない。

【0059】

本開示の範囲から逸脱することなく、上記の構成及び方法において様々な変更がなされ得るので、上記の説明に含まれ、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、限定的な意味において解釈されないことが意図される。

30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】

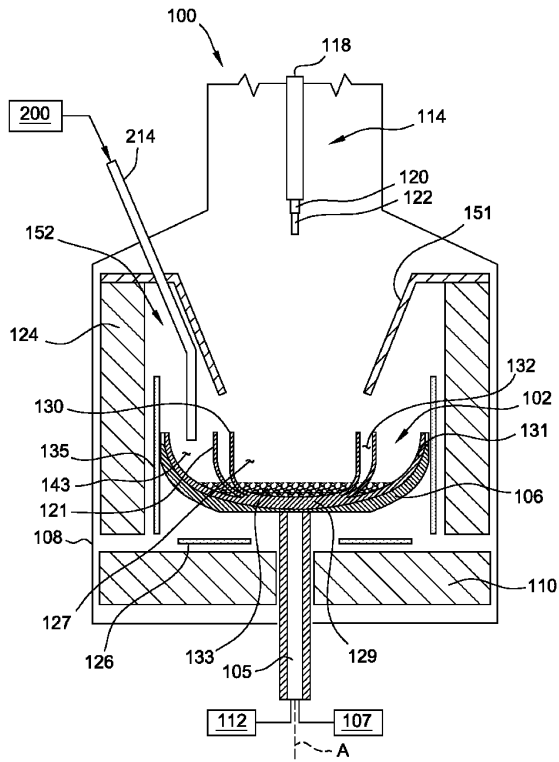


FIG. 1

【 図 2 】

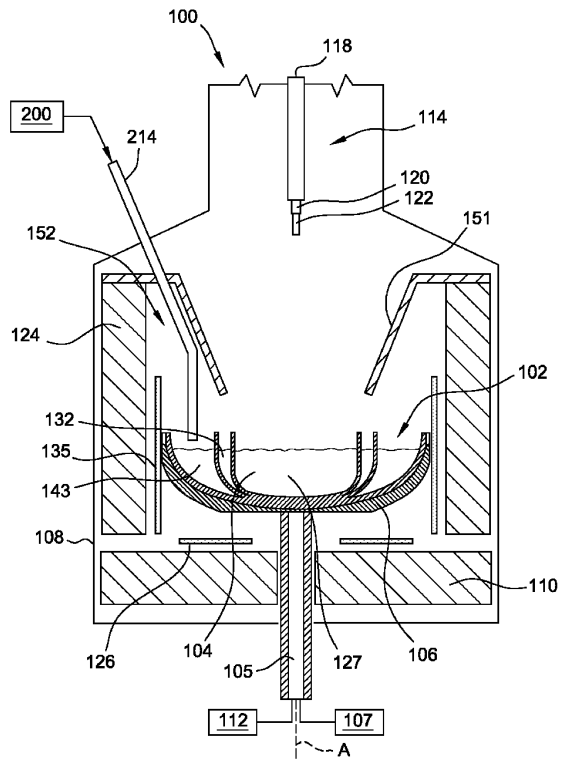


FIG. 2

10

20

【 図 3 】

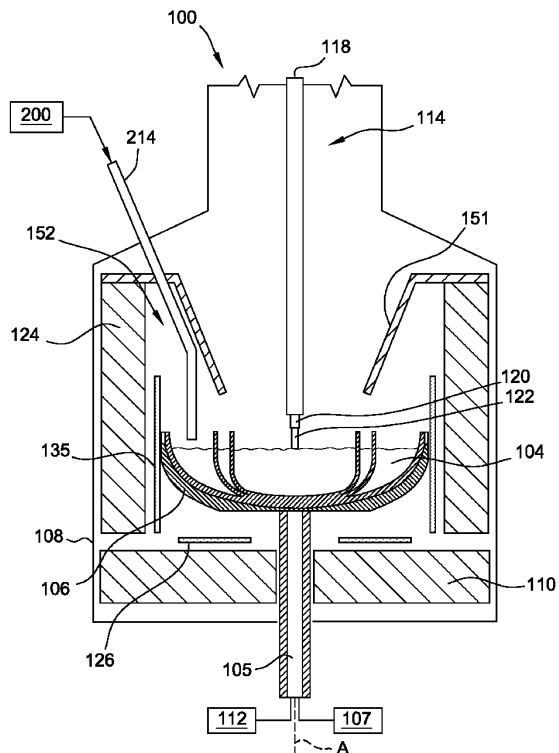


FIG. 3

【 図 4 】

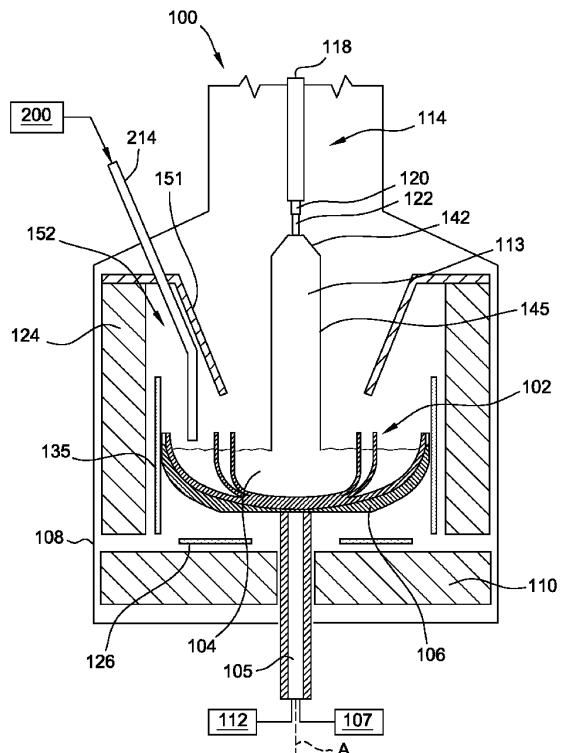


FIG. 4

30

40

50

【 図 5 】

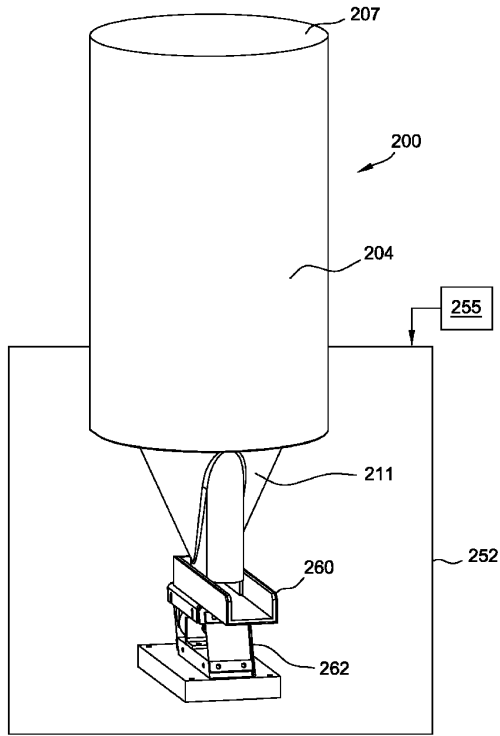


FIG. 5

【 図 6 】

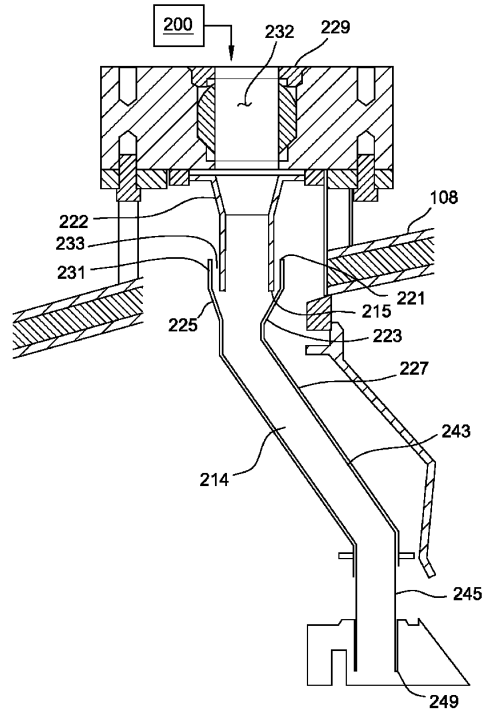


FIG. 6

10

20

【 図 7 】

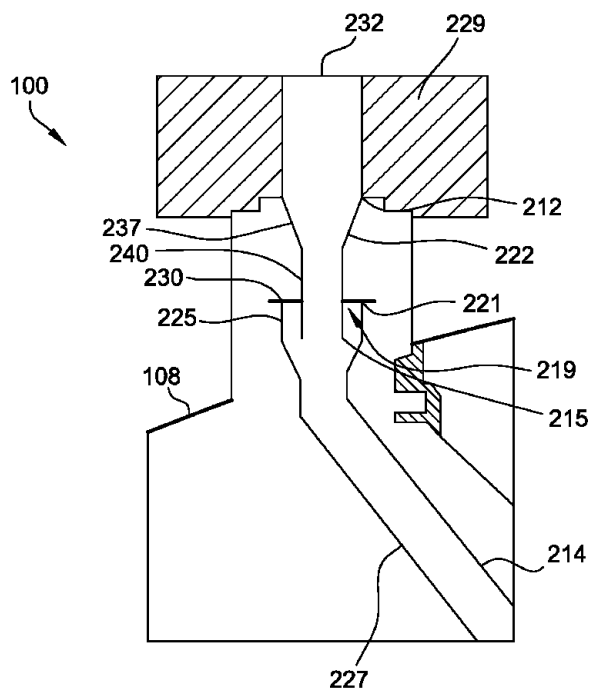


FIG. 7

【 図 8 】

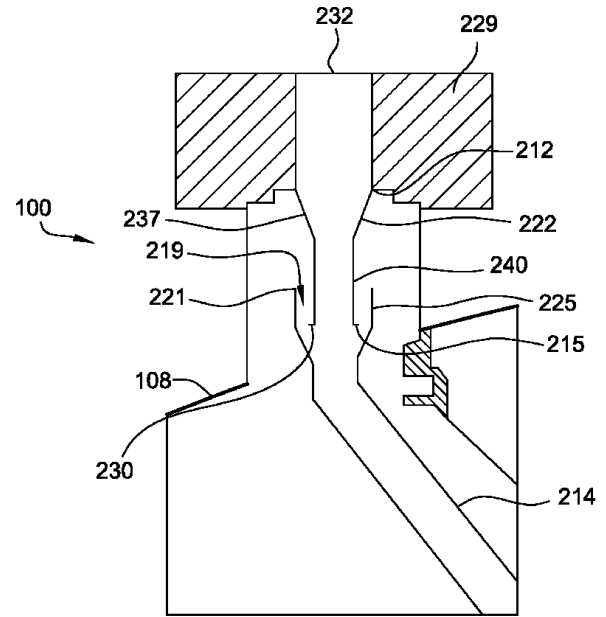


FIG. 8

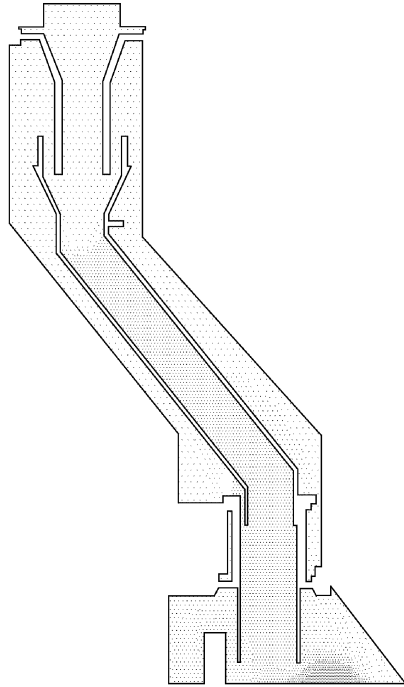
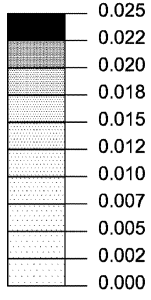
30

40

50

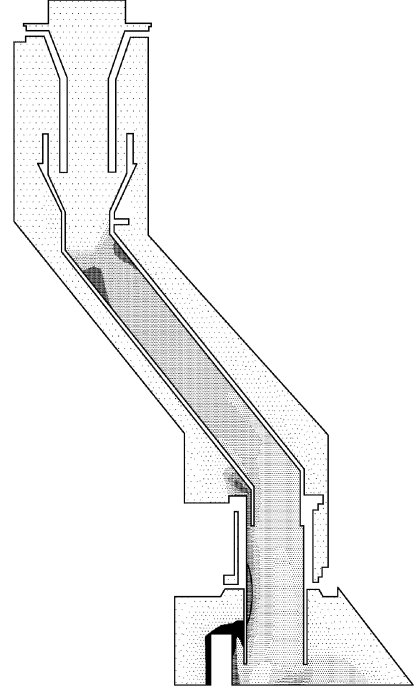
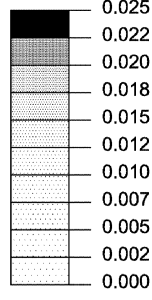
【 図 9 】

SiO 質量分率



【 図 10 】

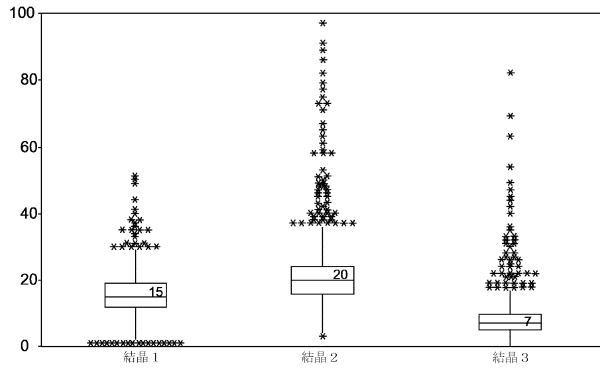
SiO 質量分率



10

20

【 図 11 】



30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/050146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C30B15/00 C30B29/06 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		
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, IBM-TDB, 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	JP 2008 266094 A (SUMCO TECHXIV CORP) 6 November 2008 (2008-11-06)	13-22
Y	paragraph [0040] - paragraph [0056]; figure 1	1-12
X	US 9 435 053 B2 (KWON HYUN GOO [KR]; YOON YEO KYUN [KR] ET AL.) 6 September 2016 (2016-09-06) claims 1-11; figures 1,7,	13-22
Y	KR 100 894 295 B1 (SILTRON INC [KR]) 24 April 2009 (2009-04-24) paragraph [0013] - paragraph [0015]; figure 2	1-12
A	US 2007/119365 A1 (HARADA KAZUHIRO [JP] ET AL) 31 May 2007 (2007-05-31) claims 1-3; figures 1-5	1-12
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> 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	"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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 17 March 2023	Date of mailing of the international search report 27/03/2023	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lavéant, Pierre	

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/050146

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/174817 A1 (KRAUTBAUER RUPERT [US] ET AL) 10 August 2006 (2006-08-10) paragraph [0012] - paragraph [0013]; figure 2 -----	1-12
A	JP 2005 145729 A (SHINETSU HANDOTAI KK) 9 June 2005 (2005-06-09) the whole document -----	1-12

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2023/050146

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2008266094 A	06-11-2008	JP 5437565 B2 JP 2008266094 A	12-03-2014 06-11-2008
US 9435053 B2	06-09-2016	KR 20150106204 A US 2015259821 A1	21-09-2015 17-09-2015
KR 100894295 B1	24-04-2009	NONE	
US 2007119365 A1	31-05-2007	JP 2005213097 A KR 20060035644 A KR 20070038484 A US 2007119365 A1 WO 2005073440 A1	11-08-2005 26-04-2006 10-04-2007 31-05-2007 11-08-2005
US 2006174817 A1	10-08-2006	CN 1824848 A DE 102005006186 A1 JP 2006219366 A KR 20060090746 A TW 200639281 A US 2006174817 A1	30-08-2006 24-08-2006 24-08-2006 16-08-2006 16-11-2006 10-08-2006
JP 2005145729 A	09-06-2005	JP 4341379 B2 JP 2005145729 A	07-10-2009 09-06-2005

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,D
E,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,S
M,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,
AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,
ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,L
A,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL
,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,V
N,WS,ZA,ZM,ZW

エレクトロニック・マテリアルズ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ内

(72)発明者 パンノッキア, マッテオ

イタリア 3 9 0 1 2 シニゴ、ヴィア・ナツィオナーレ 5 9、エムイーエムシー・エレクトロニック
・マテリアルズ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ内

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EA06 EG25 PA03 PA04 PB01