

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6403795号
(P6403795)

(45) 発行日 平成30年10月10日(2018.10.10)

(24) 登録日 平成30年9月21日(2018.9.21)

(51) Int.Cl.		F I	
CO1B 33/02	(2006.01)	CO1B 33/02	E
BO2C 19/18	(2006.01)	BO2C 19/18	Z
BO2C 19/00	(2006.01)	BO2C 19/00	1 O 1 Z

請求項の数 41 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-559172 (P2016-559172)	(73) 特許権者	508294169
(86) (22) 出願日	平成26年3月26日 (2014.3.26)		ゼルフラーク アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2017-515774 (P2017-515774A)		se l F r a g A G
(43) 公表日	平成29年6月15日 (2017.6.15)		スイス国 ケルツァース ビベレンツェル
(86) 国際出願番号	PCT/CH2014/000039		グリ 18
(87) 国際公開番号	W02015/143572		B i b e r e n z e l g l i 18, C
(87) 国際公開日	平成27年10月1日 (2015.10.1)		H-3210 Kerzers, Swi
審査請求日	平成29年1月27日 (2017.1.27)		t z e r l a n d
		(74) 代理人	100114890
			弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
			ンハルト
		(74) 代理人	100116403
			弁理士 前川 純一
		(74) 代理人	100135633
			弁理士 二宮 浩康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 とりわけ多結晶シリコンからなるロッド状の材料を断片化するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロッド状の材料 (1) を断片化するための方法において、

a) 前記ロッド状の材料 (1) の、処理流体 (2) によって取り囲まれた部分 (3) を用意するステップと、

b) 前記部分 (3) の領域に、少なくとも2つの電極 (5, 6) を含む電極装置 (4) を配置し、このとき、前記少なくとも2つの電極 (5, 6) が前記処理流体 (2) 中に浸漬されるように、且つ、前記電極同士の間と、各前記電極と前記ロッド状の材料 (1) との間と、に間隔が設けられるようにするステップと、

c) 前記電極装置 (4) に高電圧パルスを印加することによって、前記ロッド状の材料 (1) を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料 (1) の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを、前記2つの電極 (5, 6) の領域に発生させるステップと、を有し、

前記高電圧ブレイクダウンの発生中に、前記ロッド状の材料 (1) の長手方向における前記電極装置 (4) と前記ロッド状の材料 (1) との間の相対運動を形成し、これによって、前記ロッド状の材料 (1) を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料 (1) の表面に沿った高電圧ブレイクダウンの位置を、前記ロッド状の材料 (1) の長手方向に徐々に変化させる、

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

10

20

前記ロッド状の材料（１）は、半導体材料または多結晶シリコンからなり、
前記処理流体（２）は、水（２）である、
請求項１記載の方法。

【請求項３】

前記ロッド状の材料（１）を、前記処理流体（２）中に完全に浸漬した状態で用意する、
請求項１または２記載の方法。

【請求項４】

前記ロッド状の材料（１）を、上方が開放されている槽状またはシャーレ状の容器（７）内に収容された状態で用意し、

前記ロッド状の材料（１）の断片化が行われた後、前記ロッド状の材料（１）の前記断片化によって生じた断片を、前記槽状またはシャーレ状の容器（７）と一緒に前記断片化の位置から別の位置に搬送する、

請求項３記載の方法。

【請求項５】

前記ロッド状の材料（１）は、水平姿勢を有している、
請求項３または４記載の方法。

【請求項６】

前記ロッド状の材料を、端部が前記処理流体中に浸漬された状態で用意し、前記ロッド状の材料は、このときには斜め姿勢を有しており、且つ、前記ロッド状の材料の下側の端部が前記処理流体中に浸漬されている、
請求項１記載の方法。

【請求項７】

前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の前記相対運動を形成するために、前記ロッド状の材料を、前記ロッド状の材料の長手方向にスライドさせる、
請求項１から６のいずれか１項記載の方法。

【請求項８】

前記電極装置（４）と前記ロッド状の材料（１）との間の前記相対運動を形成するために、前記電極装置（４）を、前記ロッド状の材料（１）の長手方向にスライドさせる、
請求項１から７のいずれか１項記載の方法。

【請求項９】

前記電極装置（４）を、前記高電圧パルスが発生させる高電圧発生器と一緒に前記ロッド状の材料（１）の長手方向にスライドさせる、
請求項８記載の方法。

【請求項１０】

前記ロッド状の材料（１）を、斜め姿勢または水平姿勢で用意し、
前記電極装置（４）の前記少なくとも２つの電極（５，６）を、前記ロッド状の材料（１）の長手軸線に対して実質的に中心合わせされた状態で、前記ロッド状の材料（１）の上方に配置する、
請求項１から９のいずれか１項記載の方法。

【請求項１１】

前記電極装置（４）の前記少なくとも２つの電極（５，６）を、各前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（１）の表面との間の間隔がそれぞれ２mm～４０mmの範囲にあるように、且つ、前記電極（５，６）同士の間隔が４０mm～１００mmの範囲にあるように配置する、
請求項１から１０のいずれか１項記載の方法。

【請求項１２】

前記ロッド状の材料（１）を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料（１）の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置（４）に、１００KV～３００KVの範囲の高電圧パルスを印加する、

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 3】

前記ロッド状の材料（１）を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料（１）の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置（４）に、３００ジュール～１０００ジュールの範囲の１パルス当たりのパワーを有する高電圧パルスを印加する、

請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ロッド状の材料（１）を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料（１）の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置（４）に、０．５Ｈｚ～４０Ｈｚの範囲の周波数を有する高電圧パルス

10

を印加する、
請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 5】

前記電極装置（４）と前記ロッド状の材料（１）との間の前記相対運動、および／または、前記電極装置（４）への前記高電圧パルスの前記印加を、相対運動１ｍｍ当たり０．５～１．０パルスが前記電極装置（４）に印加されるように実施する、

請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 6】

前記電極装置（４）の前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（１）との間の領域を、処理液（２）で洗浄する、

20

請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 7】

前記ロッド状の材料（１）を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料（１）の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置（４）の前記少なくとも２つの電極（５，６）の第１電極（５）に前記高電圧パルス

を印加し、その一方で、前記少なくとも２つの電極（５，６）の第２電極（６）を固定電位に接続する、
請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 1 8】

前記少なくとも２つの電極（５，６）の前記第２電極（６）を接地させる、

30

請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも２つの電極に、接地電位ではない異なる電位を有するパルスを同時に印加する、

請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 のいずれか 1 項記載の方法を実施するための装置において、

a) 前記装置は、処理流体（２）を充填可能な処理空間（８）を有し、前記処理空間（８）は、ロッド状の材料（１）または前記ロッド状の材料（１）の所定の部分（３）を収容するために使用され、前記処理空間（８）が前記処理流体（２）で充填されている場合には、前記ロッド状の材料（１）または前記ロッド状の材料（１）の前記部分（３）が、前記処理流体（２）によって取り囲まれるようになっており、

40

b) 前記装置は、少なくとも２つの電極（５，６）を含む電極装置（４）を有し、前記少なくとも２つの電極（５，６）は、前記処理空間（８）が処理流体（２）で充填されていて、且つ、前記処理空間（８）が前記ロッド状の材料（１）または前記ロッド状の材料（１）の前記部分（３）を規定通りに収容している場合に、前記ロッド状の材料（１）または前記ロッド状の材料（１）の前記部分（３）の領域に規定通りに配置可能であり、このとき、前記少なくとも２つの電極（５，６）が前記処理流体（２）中に浸漬されるように、且つ、前記電極（５，６）同士の間と、各前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（

50

1) との間と、に間隔が設けられるようになっており、規定通りの動作時には、前記間隔により、前記電極装置 (4) に高電圧パルス印加することによって、前記ロッド状の材料 (1) を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料 (1) の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを、前記電極 (5, 6) の領域に発生させることが可能となり、

c) 前記装置は、前記ロッド状の材料 (1) を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料 (1) の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置 (4) に高電圧パルス印加するための手段を有し、

d) 前記装置は、規定通りの動作時に前記高電圧ブレイクダウンが発生している間に、前記ロッド状の材料 (1) の長手方向における前記電極装置 (4) と前記ロッド状の材料 (1) との間との間の相対運動を形成するための手段を有し、

10

このとき、前記相対運動は、前記ロッド状の材料 (1) を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料 (1) の表面に沿った高電圧ブレイクダウンの位置が、前記ロッド状の材料 (1) の長手方向に徐々に変化されるように実施され、

前記ロッド状の材料 (1) は、前記位置においてそれぞれ処理流体 (2) によって取り囲まれており、且つ、前記電極 (5, 6) は、前記位置においてそれぞれ前記処理流体 (2) 中に浸漬されている、

ことを特徴とする装置。

【請求項 2 1】

前記装置は、前記ロッド状の材料 (1) を収容するための構成 (7) を有し、規定通りの動作時には、前記構成 (7) により、前記ロッド状の材料 (1) を、前記処理空間 (8) 内で処理液 (2) によって完全に取り囲まれた状態で保持することができる、

20

請求項 2 0 記載の装置。

【請求項 2 2】

前記構成 (7) は、前記ロッド状の材料 (1) を収容するための上方が開放された槽状またはシャーレ状の容器 (7) であり、

前記ロッド状の材料 (1) は、水平姿勢を有する、

請求項 2 1 記載の装置。

【請求項 2 3】

前記槽状またはシャーレ状の容器 (7) は、規定通りに断片化動作が行われた後、前記ロッド状の材料 (1) の前記断片化によって生じた断片と一緒に前記装置から取り出すことができる、

30

請求項 2 2 記載の装置。

【請求項 2 4】

前記装置は、前記ロッド状の材料を収容するための構成を有し、前記構成により、前記ロッド状の材料の端部が前記処理流体中に浸漬されるように、前記ロッド状の材料がこのとき斜めの姿勢を有するように、且つ、前記ロッド状の材料の下側の端部が前記処理空間内で前記処理流体中に浸漬されるように、前記ロッド状の材料を保持することができる、

請求項 2 0 記載の装置。

【請求項 2 5】

40

前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動を形成するための前記手段は、前記ロッド状の材料を、前記ロッド状の材料の長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されている、

請求項 2 0 から 2 4 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 2 6】

前記電極装置 (4) と前記ロッド状の材料 (1) との間との相対運動を形成するための前記手段は、前記電極装置 (4) を、前記ロッド状の材料 (1) の長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されている、

請求項 2 0 から 2 5 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 2 7】

50

前記電極装置（４）に高電圧パルスを印加するための前記手段は、高電圧パルス発生器を含み、

前記電極装置（４）と前記ロッド状の材料（１）との間の相対運動を形成するための前記手段は、前記電極装置（４）を、前記高電圧パルス発生器と一緒に前記ロッド状の材料（１）の長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されている、

請求項 2 6 記載の装置。

【請求項 2 8】

前記電極装置（４）の前記少なくとも 2 つの電極（５，６）は、規定通り、前記ロッド状の材料（１）の長手軸線に対して実質的に中心合わせされた状態で、前記ロッド状の材料（１）の上方に配置することができる、

10

請求項 2 0 から 2 7 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 2 9】

前記電極装置（４）の前記少なくとも 2 つの電極（５，６）は、規定通り、各前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（１）の表面との間の間隔がそれぞれ 2 mm～4 0 mm の範囲にあるように、且つ、前記電極（５，６）同士の間隔が 4 0 mm～1 0 0 mm の範囲にあるように配置することができる、

請求項 2 0 から 2 8 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 0】

前記装置は、各前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（１）との間の間隔を前記装置が規定通りに動作している間に調整するための手段を含む、

20

請求項 2 0 から 2 9 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 1】

前記電極装置（４）に高電圧パルスを印加するための前記手段は、前記電極装置（４）に 1 0 0 K V～3 0 0 K V の範囲の高電圧パルスを印加するように構成されている、

請求項 2 0 から 3 0 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 2】

前記電極装置（４）に高電圧パルスを印加するための前記手段は、前記電極装置（４）に 3 0 0 ジュール～1 0 0 0 ジュールの範囲の1 パルス当たりのパワーを有する高電圧パルスを印加するように構成されている、

請求項 2 0 から 3 1 のいずれか 1 項記載の装置。

30

【請求項 3 3】

前記電極装置（４）に高電圧パルスを印加するための前記手段は、前記電極装置（４）に 0. 5 H z～4 0 H z の範囲のパルス周波数を有する高電圧パルスを印加するように構成されている、

請求項 2 0 から 3 2 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 4】

前記ロッド状の材料（１）の長手方向における前記電極装置（４）と前記ロッド状の材料（１）との間の相対運動を形成するための前記手段、および／または、前記電極装置（４）に高電圧パルスを印加するための前記手段は、規定通りの動作時に、前記電極装置（４）に、相対運動 1 mm 当たり 0. 5～1. 0 パルスを印加することができるように構成されている、

40

請求項 2 0 から 3 3 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 5】

規定通りの動作時に、前記電極装置（４）の前記電極（５，６）と前記ロッド状の材料（１）との間の領域を処理液（２）によって洗浄するための手段が設けられている、

請求項 2 0 から 3 4 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 3 6】

前記電極装置（４）の前記少なくとも 2 つの電極（５，６）の第 1 電極（５）に、前記高電圧パルスを印加することができ、その一方で、前記少なくとも 2 つの電極（５，６）の他の 1 つの電極（６）は、固定電位にある、

50

請求項 20 から 35 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 37】

前記少なくとも 2 つの電極 (5, 6) の前記他の 1 つの電極 (6) は、接地されている、

請求項 36 記載の装置。

【請求項 38】

前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウンおよび／または前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも 2 つの電極に、接地電位ではない異なる電位を有するパルスと同時に印加することができる、

10

請求項 20 から 35 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 39】

前記装置はさらに、装置制御部を有し、前記装置制御部によって、規定通りに動作している間に、前記高電圧パルスのエネルギー、前記高電圧パルスの周波数、前記電極装置 (4) と前記ロッド状の材料 (1) との間の相対速度、各前記電極 (5, 6) と前記ロッド状の材料 (1) との間の間隔、および／または、所定の装置パラメータを、規定通りの動作時に求められた装置パラメータおよび／またはプロセスパラメータに基づいて、調整および／または制御することができる、

請求項 20 から 38 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 40】

20

半導体材料からなるロッド (1) を断片化するための、請求項 20 から 39 のいずれか 1 項記載の装置の使用。

【請求項 41】

前記ロッド (1) は、多結晶シリコンからなる、

請求項 40 記載の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、独立請求項の上位概念に記載された、とりわけ多結晶シリコンからなるロッド状の材料を断片化するための方法と、方法を実施するための装置と、装置の使用とに関する。

30

【背景技術】

【0002】

ソーラー産業用又はエレクトロニクス産業用の、多結晶又は単結晶基板を結晶成長させるためのベース材料である高純度の多結晶シリコンを製造するために、主としてシーメンズ法が用いられる。この方法によれば、100mm～150mmの範囲の太さを有する多結晶シリコンロッドが形成され、結晶炉で使用するためにこれを小さい断片に破碎しなければならない。

【0003】

この際には、個々の断片ができるだけ10mm～30mmの間の寸法を有するようにすべきであり、且つ、2mm未満であってはならず、さらには針状であるべきでないということに注意すべきである。なぜならこのことは、流動性に対して負の影響を及ぼすからである。シリコンの特別な結晶構造のせいで、シリコンロッドを破碎して、このようなできるだけ同じ寸法及び形状を有する断片にするということは、非常に困難である。

40

【0004】

さらには、高純度のベース材料を、破碎時に異物との接触によって汚染してはならないことに注意すべきである。不純物、とりわけ金属による材料汚染は危険であり、5ppb未満、さらに好ましくは2ppb未満に抑えるべきである。

【0005】

従来技術から、シリコンロッドを破碎するための種々の方法が知られており、これらの

50

方法では、機械的作用又は熱的作用によってロッドが破碎されるか、又は、機械的作用と熱的作用との組み合わせによってロッドが破碎される。衝撃波によってロッドを破碎することも知られている。

【0006】

しかしながら、これらの公知の方法はすべて、動作コスト又は装置コスト、エネルギーコスト、粒径分布、及び／又は材料汚染に関して相当の欠点を有する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、本発明の課題は、従来技術の上記の欠点を有さないか又は少なくとも部分的に回避する方法及び装置を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題は、独立請求項の対象によって解決される。

【0009】

従って、本発明の第1態様は、ロッド状の材料、好ましくは例えば多結晶シリコンのような半導体材料を断片化するための方法に関する。

【0010】

本方法では、2つ又は3つ以上の電極を含む電極装置が、断片化すべきロッド状の材料の、処理流体中に、好ましくは水中に浸漬される部分の領域に配置され、このとき、前記電極が前記処理流体中に浸漬されるように、且つ、前記電極同士の間と、各前記電極と前記ロッド状の材料との間とに間隔が設けられるようにされる。

20

【0011】

各前記間隔は、前記電極装置に高電圧パルスを印加することによって、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを、前記電極の領域に発生させることができるように選択される。前記間隔の大きさは、前記処理流体の導電率と、前記ロッド状の材料の導電率と、前記高電圧パルスの大きさとに依存している。適切な間隔は、その都度の動作状況に応じて当業者によって簡単な実験によって求めることができる。

【0012】

30

前記電極装置に高電圧パルスが印加され、これによって、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンが、前記電極の領域に発生することとなる。前記高電圧ブレイクダウンの発生中に、前記ロッド状の材料の長手方向における前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動が形成され、これによって、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンの位置が、前記ロッド状の材料の長手方向に徐々に変化される。

【0013】

本発明に係る方法によれば、例えばロッド状の半導体材料、とりわけシリコンロッドを、比較的わずかなエネルギーコストで比較的均一な寸法及び形状を有する断片に破碎することが可能となり、このように比較的均一な寸法及び形状を有する断片は、結晶炉における後続の処理のために最も良好に適している。本方法によれば、異物による汚染も極めて少なく抑えることが可能である。

40

【0014】

本方法の好ましい1つの実施形態では、前記ロッド状の材料は、前記断片化時には前記処理流体中に完全に浸漬されている。前記ロッド状の材料は、このときには実質的に水平姿勢を有している。

【0015】

この場合、さらに好ましくは、前記ロッド状の材料は、前記断片化時には上方が開放されている槽状又はシャーレ状の容器内に収容されており、前記ロッド状の材料の断片化に

50

よって生じた断片は、前記容器内に収集され、完全に断片化された後に、当該容器と一緒に搬出される。

【0016】

こうすることにより、本方法を、工業的なバッチ操作において高価な搬送装置を用いることなく比較的簡単な装置を用いて実施することが可能となる。

【0017】

本方法の別の1つの好ましい実施形態では、前記ロッド状の材料は、前記断片化時には端部が前記処理流体中に浸漬されており、好ましくは、前記ロッド状の材料は、このときには斜め姿勢を有しており、前記斜め姿勢では、前記ロッド状の材料の下側の端部が前記処理流体中に浸漬されている。こうすることにより、前記ロッド状の材料を前記処理流体で充填された断片化ゾーンへと連続的に供給しながら、本方法をほぼ連続操作において簡単に実施することが可能となる。

10

【0018】

有利には、前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の前記相対運動は、少なくとも部分的に、前記ロッド状の材料を、前記ロッド状の材料の長手方向にスライドさせることによって形成される。

【0019】

これに代えて又はこれに加えて、前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の前記相対運動を形成するために、前記電極装置が、前記ロッド状の材料の長手方向にスライドされる。

20

【0020】

装置の概念に応じて、上記の2つの変形例の一方又は他方、若しくは組み合わせを、特に好ましく選択することができる。

【0021】

後者の変形例の場合には、前記電極装置を、前記高電圧パルスが発生させる高電圧発生器と一緒に前記ロッド状の材料の長手方向にスライドさせることが好ましい。こうすることにより、電極装置と高電圧発生器との面倒な可動式の結合を省略することが可能となる。

【0022】

前記ロッド状の材料が、前記断片化時に斜め姿勢又は好ましくは水平姿勢を有している場合であって、且つ、このときに前記電極装置の前記電極が、有利には前記ロッド状の材料の長手軸線に対して実質的に中心合わせされた状態で、前記ロッド状の材料の上方に配置される場合には、特に均一な断片化結果を実現することが可能である。

30

【0023】

前記電極装置の前記電極は、好ましくは、各前記電極と前記ロッド状の材料の表面との間の間隔が、それぞれ2mm～40mmの範囲にあるように、且つ、前記電極同士の間隔が、40mm～100mmの範囲にあるように配置される。上記範囲の間隔は、特に適当であることが判明している。

【0024】

前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置に、好ましくは100KV～300KVの範囲、とりわけ150KV～200KVの範囲の高電圧パルスが印加される。

40

【0025】

前記高電圧パルスの1パルス当たりのパワーは、好ましくは300ジュール～1000ジュールの間、とりわけ500ジュール～750ジュールの間にある。

【0026】

上記の電圧範囲及び上記のパワー範囲は、特に適当であることが判明している。

【0027】

前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面

50

に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるための、前記電極装置への前記高電圧パルスの印加は、好ましくは0.5 Hz～40 Hzの範囲、とりわけ1 Hz～5 Hzの範囲のパルス周波数によって実施される。

【0028】

前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の前記相対運動、及び／又は、前記電極装置への高電圧パルスの前記印加は、好ましくは相対運動1 mm当たり0.5～1.0パルス、とりわけ0.1～2.0パルスが前記電極装置に印加されるように実施される。

【0029】

このようなパルス周波数、及び、このような相対運動1 mm当たりパルス印加数は、特に適当であることが判明している。

10

【0030】

前記電極装置の前記電極と前記ロッド状の材料との間の、処理流体で充填されている領域は、好ましくは処理液によって洗浄される。こうすることにより、処理ゾーンから微細な材料を除去して、当該処理ゾーン内に存在する処理流体の不変の品質を保証することが可能となり、このことは、安定したプロセス制御にとって有利である。

【0031】

本方法の好ましい1つの実施形態では、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも2つの電極の第1電極に前記高電圧パルスが印加され、その一方で、前記少なくとも2つの電極の第2電極は、固定電位にあり、とりわけ接地

20

【0032】

本方法の好ましい別の1つの実施形態では、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも2つの電極に、接地電位ではない異なる電位を有するパルスが同時に印加される。

【0033】

使用される高電圧パルス源の形式及び構造に応じて、上記の一方又は他方の変形例を好ましく選択することができる。

【0034】

30

本発明の第2態様は、本発明の第1態様に基づく方法を実施するための装置に関する。前記装置は、処理流体、好ましくは水を充填可能な処理空間を有し、前記処理空間内には、前記ロッド状の材料又は前記ロッド状の材料の所定の部分を配置することができ、前記処理空間が処理流体で充填されている場合には、前記ロッド状の材料又は前記ロッド状の材料前記部分が、前記処理流体によって取り囲まれるようになっている。

【0035】

前記装置はさらに、少なくとも2つの電極を含む電極装置を有し、前記少なくとも2つの電極は、前記処理空間が処理流体で充填されていて、且つ、前記処理空間が前記ロッド状の材料又は前記ロッド状の材料の前記部分を規定通りに収容している場合に、規定通りの動作のために、前記ロッド状の材料又は前記ロッド状の材料の前記部分の領域に配置可能であり、このとき、前記電極が前記処理流体中に浸漬されるように、且つ、前記電極同士の間と、各前記電極と前記ロッド状の材料との間とに間隔が設けられるようになっており、規定通りの動作時には、前記間隔により、前記電極装置に高電圧パルスを印加することによって、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを、前記電極の領域に形成することが可能となる。

40

【0036】

既に述べたように、前記間隔は、前記処理流体の導電率と、前記ロッド状の材料の導電率と、前記高電圧パルスの大きさとに依存している。適切な間隔は、その都度の動作状況に応じて当業者によって簡単な実験によって求めることができる。

50

【0037】

前記装置はさらに、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置に高電圧パルスを印加するための手段と、規定通りの動作時に前記高電圧ブレイクダウンが発生している間に、前記ロッド状の材料の長手方向における前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動を形成するための手段と、を含み、このとき、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンの位置が、前記ロッド状の材料の長手方向に徐々に変化され、前記ロッド状の材料は、前記位置においてそれぞれ処理流体によって取り囲まれており、且つ、前記電極は、前記位置においてそれぞれ前記処理流体中に浸漬されている。

10

【0038】

本発明に係る装置によれば、本発明の第1態様に基づく方法を簡単に実施することができる。

【0039】

好ましい1つの実施形態では、前記装置は、前記ロッド状の材料を収容するための構成、好ましくは前記ロッド状の材料を収容するための上方が開放された槽状又はシャーレ状の容器を有する。規定通りの動作時には、前記容器により、前記ロッド状の材料を、前記処理空間内で処理液によって完全に取り囲まれた状態で、しかも好ましくは水平姿勢で保持することができる。

【0040】

20

この場合、さらに好ましくは、前記装置は、規定通りに断片化動作が行われた後、前記槽状又はシャーレ状の容器を、当該容器内に存在する前記ロッド状の材料の断片化によって生じた断片と一緒に前記装置から取り出すことができるように構成されている。

【0041】

こうすることにより、工業的なバッチ動作のために高価な搬送装置を用いない比較的簡単な装置を提供することが可能となる。

【0042】

別の1つの好ましい実施形態によれば、前記装置は、前記ロッド状の材料を収容するための構成を有し、前記構成により、前記ロッド状の材料の端部が前記処理空間内で前記処理流体中に浸漬されるように、とりわけ前記ロッド状の材料がこのとき斜め姿勢を有するように、且つ、前記ロッド状の下側の端部が前記処理空間内で前記処理流体中に浸漬されるように、前記ロッド状の材料を保持することができる。こうすることにより、準連続的な装置を簡単に実現することが可能となり、この準連続的な装置では、前記ロッド状の材料が、前記処理流体で充填された断片化ゾーンにとりわけ重力搬送によって連続的に供給され、そこで断片化される。

30

【0043】

本装置の好ましい1つの実施形態では、前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動を形成するための前記手段は、前記ロッド状の材料を、前記ロッド状の材料の長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されている。

【0044】

40

これに代えて又はこれに加えて、前記手段は、前記電極装置を、前記ロッドの長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されている。

【0045】

装置の概念に応じて、上記の2つの変形例の一方又は他方、若しくは組み合わせを、特に好ましく選択することができる。

【0046】

後者の変形例の場合には、前記電極装置に高電圧パルスを印加するための前記手段は、高電圧パルス発生器を含み、前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動を形成するための前記手段は、前記電極装置を、前記高電圧パルス発生器と一緒に前記ロッド状の材料の長手軸線に沿ってスライドさせるように構成されていることが好ましい。こうす

50

ることにより、電極装置と高電圧発生器との面倒な可動式の結合を省略することが可能となる。

【0047】

好ましくは、前記装置は、前記電極装置の前記少なくとも2つの電極を、規定通り、有利には前記ロッド状の材料の長手軸線に対して実質的に中心合わせされた状態で、前記ロッド状の材料の上方に配置することが可能となるように構成されている。このような装置によれば、特に均一な断片化結果を実現することが可能である。

【0048】

前記電極装置の前記電極は、有利には、各前記電極と前記ロッド状の材料の表面との間の間隔がそれぞれ2mm～40mmの範囲にあるように、且つ、前記電極同士の間隔が40mm～100mmの範囲にあるように配置することができる。このような間隔は、特に適当であることが判明している。

10

【0049】

さらに好ましくは、前記装置は、各前記電極と前記ロッド状の材料との間の各間隔をとりわけ自動的に調整するための、好ましくは前記装置が規定通りに動作している間に各間隔を調整するための手段を含む。

【0050】

前記電極装置に高電圧パルスを印加するための前記手段は、有利には、100KV～300KVの範囲、とりわけ150KV～200KVの範囲にあり、300ジュール～1000ジュールの範囲、とりわけ500ジュール～750ジュールの範囲の1パルス当たりのパワーと、0.5Hz～40Hzの範囲、とりわけ1Hz～5Hzの範囲のパルス周波数とを有する高電圧パルスを、前記電極装置に印加するように構成されている。

20

【0051】

このようなパラメータ範囲は、特に適当であることが判明している。

【0052】

さらに好ましくは、前記ロッド状の材料の長手方向における前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対運動を形成するための前記手段、又は、前記電極装置に高電圧パルスを印加するための前記手段は、前記電極装置の断片化動作中に、相対運動1mm当たり0.5～1.0パルス、とりわけ0.1～2.0パルスを印加することができるよう構成されている。このような相対運動1mm当たりのパルス繰り返し数は、特に適当であることが判明している。

30

【0053】

別の1つの好ましい実施形態では、前記装置は、前記断片化動作中に、前記電極装置の前記電極と前記ロッド状の材料との間の領域を処理液によって洗浄するための手段を含む。このような手段は、例えば1つ又は複数の供給ノズルを含み、これらの供給ノズルを介して、前記電極と前記ロッド状の材料との間の領域に新鮮な処理液又は浄化された処理液を注入することができる。こうすることによって、前記領域から微細粒子を除去して、当該領域内の処理液の電気導電率を一定に維持することが可能となり、このことは、安定したプロセス制御を促進させる。

【0054】

本装置のさらに別の1つの好ましい実施形態では、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも2つの電極の第1電極に、前記高電圧パルスを印加することができ、その一方で、前記少なくとも2つの電極の他の1つの電極は、固定電位、とりわけ接地電位にある。

40

【0055】

本装置の別の1つの好ましい実施形態では、前記ロッド状の材料を通る高電圧ブレイクダウン及び／又は前記ロッド状の材料の表面に沿った高電圧ブレイクダウンを発生させるために、前記電極装置の前記少なくとも2つの電極に、接地電位ではない異なる電位を有するパルスを同時に印加することができる。

50

【0056】

電極装置及び使用される高電圧パルス発生器に応じて、上記の一方又は他方の実施形態を好ましく選択することができる。

【0057】

さらに好ましくは、本発明に係る装置は、装置制御部を有し、前記装置制御部によって、好ましくは前記断片化動作中に、前記高電圧パルスのエネルギー、前記高電圧パルスの周波数、前記電極装置と前記ロッド状の材料との間の相対速度、各前記電極と前記ロッド状の材料との間の間隔、及び／又は、所定の装置パラメータを、有利には規定通りの動作時に求められた装置パラメータ及び／又はプロセスパラメータに基づいて、好ましくは自動的に、調整及び／又は制御することができる。

10

【0058】

本発明の第3態様は、半導体材料、好ましくは多結晶シリコンからなるロッドを断片化するための、本発明の第2態様に基づく装置の使用に関する。前記装置のこのような使用では、本発明の利点が特に顕著となる。

【0059】

図面の簡単な説明

本発明のさらなる実施形態、利点、及び適用方法は、従属請求項と、図1に基づいた以下の記載とから明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

20

【図1】図1は、本発明に係る装置の一部の断面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0061】

図1は、本発明の第1態様に基づく方法によって多結晶シリコンロッド1を断片化するための本発明に係る装置の一部を、当該装置内に配置される断片化すべきシリコンロッド1の長手方向を横切る方向に切断した断面図で示す。

【0062】

見て取れるように本装置は、シリコンロッド1の長手方向に延在する鉢9を有する。この鉢9は、請求項に記載された通りの処理空間8を形成しており、この処理空間8は、処理流体2、本実施例では水2で充填されている。

30

【0063】

断片化すべきシリコンロッド1は、処理空間8内の槽状の容器7の中に配置されている。槽状の容器7の内壁は、ポリウレタンマット10によって形成されており、ポリウレタンマット10の下側は、PE製の下敷き11の上で支持されている。シリコンロッド1は、このときには水平姿勢を有しており、処理流体2によって完全に取り囲まれている。槽状の容器7は、処理空間8内に収納されており、シリコンロッド1が完全に断片化された後、この断片化によって生じた粉々の材料として収容されているシリコンロッド1の断片と一緒に、処理空間8から取り出されるように構成されている。

【0064】

本装置はさらに、2つの電極5、6を有する電極装置4を含み、これら2つの電極5、6は、シリコンロッド1の長手軸線に対して実質的に中心合わせされた状態で、シリコンロッド1の上方に配置されている。2つの電極5、6は、処理流体2中に浸漬されており、左側の電極5には、断片化動作中に、同じく本装置の一部である高電圧パルス発生器（図示せず）によって高電圧パルスが印加され、その一方で、右側の電極6は接地されている。2つの電極5、6同士の間隔は、各電極5、6とシリコンロッド1との間隔よりも格段に大きい。上記の間隔は、高電圧パルス発生器によって左側の電極5に高電圧パルスが印加された場合に、シリコンロッド1を通る高電圧ブレイクダウン及び／又はシリコンロッド1の表面に沿った高電圧ブレイクダウンが、これらの電極5、6の領域に発生するように選択されており、この高電圧ブレイクダウンによって、シリコンロッド1の断片化が引き起こされる。本実施例では、シリコンロッド1の直径は約120mmであり

40

50

、シリコンロッド 1 の長さは約 2 m である。各電極 5, 6 とシリコンロッド 1 の表面との間の間隔は、約 8 mm である。電極 5, 6 同士の間隔は、約 60 mm である。高電圧パルス発生器によって発生可能な高電圧パルスは、約 200 KV の電圧を有し、5 Hz のパルス周波数で発生される。1 パルス当たりのパワーは、約 700 ジュールである。

【0065】

高電圧ブレイクダウンを発生させる際には、電極装置 4 を、高電圧パルス発生器と一緒にスライドテーブル（図示せず）上でシリコンロッド 1 の長手方向にシリコンロッド 1 に沿って移動させることが可能であり、これにより、各電極 5, 6 とシリコンロッド 1 との間隔を実質的に変化させることなく、シリコンロッド 1 を通る高電圧ブレイクダウン又はシリコンロッド 1 の表面に沿った高電圧ブレイクダウンの位置を、シリコンロッド 1

10

【0066】

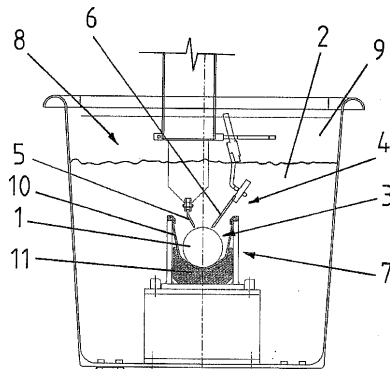
本装置はさらに、断片化動作中に、各電極 5, 6 とシリコンロッド 1 との間隔と、電極装置 4 の移動速度とを調整することができる装置制御部を含む。

【0067】

本明細書には本発明の好ましい実施形態が記載されているが、本発明がこれらの実施形態に限定されるわけではなく、以下に記載する特許請求の範囲に含まれる他の方式で実施可能であることを明記しておく。

【図 1】

Fig.1



フロントページの続き

- (74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
- (72)発明者 ヨハネス ケッペラー
スイス国 ラウペン ユングフラウヴェーク 14
- (72)発明者 アレクサンダー ヴェー
ドイツ連邦共和国 エンゲン アム シュランケン 11アー
- (72)発明者 ユルゲン カルケ
スイス国 ミュンチェミア レーベンヴェーク 12
- (72)発明者 ラインハート ミュラーズィーベアト
スイス国 ベルン ヴュッテンバッハシュトラッセ 11
- (72)発明者 ジョエル コリー
スイス国 コルマンブフ ルット ド ラ ヴェルナ 7
- (72)発明者 マリオン エスター モーラハ
スイス国 ロストアフ マーレンシュトラッセ 16

審査官 廣野 知子

- (56)参考文献 独国特許出願公開第19736027 (DE, A1)
特開平11-042635 (JP, A)
特開平09-192526 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C01B 33/00-33/193
B02C 9/00-11/08
B02C 19/00-25/00