

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2024-543810
(P2024-543810A)

(43)公表日 令和6年11月26日(2024.11.26)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 5 H 1/24 (2006.01)	H 0 5 H 1/24	2 G 0 8 4
B 0 1 J 19/08 (2006.01)	B 0 1 J 19/08	4 G 0 7 5
C 0 1 B 32/40 (2017.01)	C 0 1 B 32/40	4 G 1 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全35頁)

(21)出願番号	特願2024-525434(P2024-525434)	(71)出願人	510214573
(86)(22)出願日	令和4年10月25日(2022.10.25)		ユニフェルシテイト アントウェルペン
(85)翻訳文提出日	令和6年5月31日(2024.5.31)		Universiteit Antwe rpen
(86)国際出願番号	PCT/EP2022/079789		ベルギー国 アントウェルペン プリンス
(87)国際公開番号	WO2023/078735		ストラート 13
(87)国際公開日	令和5年5月11日(2023.5.11)		Prinsstraat 13, Ant werpen, BELGIUM
(31)優先権主張番号	21206103.0	(74)代理人	100147485
(32)優先日	令和3年11月2日(2021.11.2)		弁理士 杉村 憲司
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	230118913
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く	(74)代理人	100180655
			弁理士 鈴木 俊樹
		(72)発明者	アネミー ボガーツ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガス変換のための装置及び方法

(57)【要約】

本開示は、プラズマリアクターと、プラズマリアクターから排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流を受容するように構成されたチャンバとを備えるガス変換のための装置に関する。チャンバは、固体反応物質の固定床形成用に固体反応物質でチャンバを充填するための供給スリーブットと、生成ガス抽出用の少なくとも1つのガス排気窓とを含む。ガス変換のための装置はさらに固体反応物質ストック貯蔵用サイロと、サイロ底部開口部をチャンバの供給スリーブットに接続する接続管とを備える。サイロ及び接続管は装置が動作し、固体反応物質がチャンバ内で消費しつつあるとき、チャンバを固体反応物質で満たした状態に維持するようにサイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように構成され、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れは、重力によって又は少なくとも部分的に重力により誘導される。本開示はまた、ガス変換のための方法に関する。

【選択図】 図 1

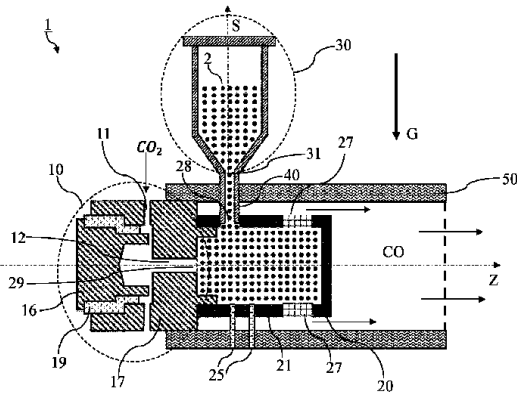


Fig. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス変換するための装置であって、a) プラズマを生成するためのプラズマリアクターを備え、前記プラズマリアクターは、供給ガスを前記プラズマリアクターに導入するように構成された1つ又は複数のガス入口、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流を前記プラズマリアクターから排出するためのガス出口を含むものである、該ガス変換するための装置において、前記装置は、さらに、b) 前記プラズマリアクターに結合されたチャンバであり、前記チャンバは、固体反応物質の固定床を保持するため、及び前記プラズマリアクターのガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガスの前記ガス流を受容するために構成され、また前記チャンバは、さらに、前記固体反応物質の固定床を形成するように前記固体反応物質を前記チャンバに充填するための供給スリーブット、及び前記チャンバから生成ガスを抽出するための少なくとも1つのガス排気窓を含むものである、該チャンバと、c) 前記固体反応物質のストックを貯蔵するためのサイロであり、前記サイロは、前記サイロから固体反応物質を排出するための底部開口部を有する底部側を含むものである、該サイロと、並びにd) 前記サイロの前記底部開口部と前記チャンバの前記供給スリーブットとを接続する接続管であり、前記装置が作動中で、前記チャンバ内で固体反応物質が消尽しつつあるとき、前記サイロから前記チャンバへの固体反応物質の流れが誘導され、前記チャンバを固体反応物質で満たされた状態を維持し、前記サイロから前記チャンバへの前記固体反応物質の流れは、重力によって又は少なくとも部分的に重力によって誘導される、該接続管と、を備えることを特徴とする、ガス変換するための装置。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置において、前記プラズマリアクターは、前記プラズマリアクターの前記少なくとも1つのガス出口を通る中心リアクター軸線 Z を含み、前記チャンバは、前記中心リアクター軸線に沿って第1端部から第2端部まで延びている、装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の装置において、前記チャンバの前記第1端部は、軸線方向入口開口部を含み、前記プラズマリアクターの前記ガス出口は、前記チャンバの前記軸線方向入口開口部に面している、装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の装置において、前記チャンバは、前記第1端部と前記第2端部との間に延在する少なくとも周壁を含み、前記供給スリーブットは、前記周壁を通じて行われ、好ましくは、前記周壁は、ステンレス鋼、銅、真鍮、石英のいずれかの物質又はそれらの組み合わせで作られている、装置。

30

【請求項 5】

請求項 4 に記載の装置において、前記少なくとも1つのガス排気は、前記チャンバの前記周壁を通して行われる、又は代替的に、前記少なくとも1つのガス排気は、前記チャンバの前記端部の軸線方向端壁を通して行われる、装置。

【請求項 6】

請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロは前記サイロの前記底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、また前記中心サイロ軸線 S は前記中心リアクター軸線 Z に対して実質的に直交する、装置。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の装置において、前記接続管は、前記中心サイロ軸線 S に対して平行に配向された直管である、装置。

【請求項 8】

請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロは、前記サイロの前記底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、前記中心サイロ軸線 S は前記プラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z に対して実質的に平行である、装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の装置において、前記接続管は少なくとも1つの直管部分を含み、前記

50

直管部分の中心軸線は、前記中心リアクター軸線 Z に対して $30^\circ \sim 60^\circ$ の間の角度で配向されている、装置。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロは前記サイロの前記底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、前記サイロは前記中心サイロ軸線 S と重力軸線 (G) との間の角度 ϕ が、 $0^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$ 、好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 30^\circ$ の範囲、より好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 10^\circ$ の範囲内にあるように配向されている、装置。

【請求項 11】

請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記装置は動作時に前記中心リアクター軸線 Z が重力軸線 G と実質的に直交するように構成されており、また前記サイロはサイロの前記底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、前記中心サイロ軸線 S と前記中心リアクター軸線 Z との間の角度 β が、 $45^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ 、好ましくは $60^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲、より好ましくは $80^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲内にある、装置。

10

【請求項 12】

請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記装置は動作時に前記中心リアクター軸線 Z が重力軸線 G に対して実質的に平行になるように構成されており、また前記サイロは前記サイロの前記底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、前記中心サイロ軸線 S と前記中心リアクター軸線 Z との間の角度 β は $0^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$ 、好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ の範囲、より好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 10^\circ$ の範囲内である、装置。

20

【請求項 13】

請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の装置において、前記チャンバは、前記チャンバ内の温度を測定するための熱電対を設置するように構成された 1 つ又は複数のポートを含む、装置。

【請求項 14】

請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の装置であって、前記チャンバから抽出された前記生成ガスをさらに搬送するためのメインガス搬送管を備える、装置。

【請求項 15】

請求項 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の装置であって、固体反応物質が前記プラズマリアクターに入るのを避けるように構成されたメッシュを備える、装置。

30

【請求項 16】

請求項 1 ～ 15 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロの周壁の一部は、円錐体、円柱体、直方体、錐台、角錐体、角柱体又はそれらの任意な組み合わせの任意の形状である、装置。

【請求項 17】

請求項 1 ～ 16 のいずれか一項に記載の装置において、前記接続管は第 1 管端部から第 2 管端部まで延びており、前記第 1 管端部は前記サイロの前記底部開口部に結合され、また前記第 2 管端部は前記チャンバの前記供給スループットに結合されている、装置。

40

【請求項 18】

請求項 1 ～ 17 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロは、前記サイロ内の固体反応物質の質量流を刺激するように構成された刺激装置を備えており、好ましくは、刺激装置が、回転機構、並進機構又は振動機構のいずれか、又はこれらの組み合わせである、装置。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の装置において、前記刺激装置は前記サイロ内に配置された 1 つ又は複数の振動又は回転ピンを含む、装置。

【請求項 20】

請求項 1 ～ 19 のいずれか一項に記載の装置において、前記サイロは、真鍮、銅、鋼、

50

ガラス、プラスチックのいずれかの物質又はそれらの組み合わせで作られている、装置。

【請求項 2 1】

請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一項に記載の装置において、前記プラズマリアクターは、少なくとも第 1 電極及び前記第 1 電極から電氣的に絶縁された第 2 電極を備え、前記第 2 電極を通して形成された壁開口部はプラズマチャンバの前記ガス出口を形成しており、好ましくは、前記第 1 電極が高電圧カソードであり、また前記第 2 電極が接地アノードである、装置。

【請求項 2 2】

請求項 1 ～ 2 1 のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、消尽炭素粒子のような消尽反応物質を抜き取るためのポートを好ましくは前記チャンバの下部又は底部に備え、好ましくは前記ポートのための閉鎖手段又は部材を備える、装置。

10

【請求項 2 3】

請求項 1 ～ 2 2 のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、酸素濃度を測定するために前記メインガス搬送管内に配置された酸素センサと、及び前記サイロから前記チャンバへの前記固体反応物質の流れを制御するため、及び前記チャンバから消尽反応物質の除去を制御するためのコントローラとを含み、前記コントローラは、好ましくは、少なくとも前記メインガス搬送管内の酸素濃度に基づいて、前記サイロから前記チャンバへの前記固体反応物質の流れ、及び前記チャンバからの前記消尽反応物質の前記除去を制御するように適合化されている、装置。

【請求項 2 4】

20

請求項 2 3 に記載の装置において、前記コントローラは前記酸素濃度が所定の閾値より上になったときに、前記サイロから前記チャンバへの前記固体反応物質の流れ及び前記チャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合されている、装置。

【請求項 2 5】

請求項 2 3 に記載の装置において、前記コントローラは前記酸素濃度を所定の範囲内に維持するために、前記サイロから前記チャンバへの前記固体反応物質の流れ及び前記チャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合されている、装置。

【請求項 2 6】

請求項 1 ～ 2 5 のいずれか一項に記載の装置において、前記チャンバは前記チャンバ内で前記反応物質を混合するプロセスを可能にするように構成されている、装置。

30

【請求項 2 7】

請求項 2 6 に記載の装置において、前記チャンバは前記チャンバ内で炭素粒子のような反応物質を混合するよう配置され、また適合化された混合手段又は混合装置を含む、装置。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載の装置において、前記混合装置は前記チャンバ内に配置された少なくとも 1 つ又は複数の振動又は回転ピンを含む、装置。

【請求項 2 9】

請求項 2 7 に記載の装置において、前記混合装置は、前記チャンバ内に配置されたスクリュウコンベア又はヘリカルスクリュウコンベアを含み、好ましくは前記チャンバの前記軸線に平行な長手方向軸を有する、装置。

40

【請求項 3 0】

請求項 2 7 に記載の装置において、前記チャンバは回転可能に、好ましくは前記チャンバの長手方向軸線に対応する軸線に沿って取り付けられる、装置。

【請求項 3 1】

請求項 2 6 ～ 3 0 のいずれか一項に記載の装置において、前記混合するプロセスは連続的である、装置。

【請求項 3 2】

請求項 2 6 ～ 3 0 のいずれか一項に記載の装置において、前記混合するプロセスは所定の又は測定制御された混合タイムスケジュールに従っている、装置。

50

【請求項 3 3】

請求項 2 2 ～ 3 2 のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、前記チャンバ内の消
尽反応物質を抜き取るための前記ポートに向かって、前記反応物質を推進するための手段
又は装置を備える、装置。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の装置において、前記推進するための手段は前記チャンバ内に配置さ
れたスクリー又はヘリカルスクリーコンベアを含む、装置。

【請求項 3 5】

ガス変換のための方法はであって、

プラズマを生成するためのプラズマリアクターを準備するステップであり、前記プラズ
マリアクターは、供給ガスを前記プラズマリアクターに導入するように構成された 1 つ又
は複数のガス入口、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流を前記プラズマリアクター
から排出するためのガス出口を含むものである、ステップと、

固体反応物質で充填可能なチャンバを準備するステップと、

前記プラズマリアクターの前記ガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガス
のガス流が前記チャンバの入口開口部を通して前記チャンバ内に受け入れられるように、
前記チャンバを前記プラズマリアクターに結合するステップと、

前記固体反応物質のストックをサイロに貯蔵するステップと、

反応物質を供給するために、前記サイロの底部開口部と前記チャンバ内の供給スルー
ットとを接続するための接続管を使用するステップと、

前記固体反応物質が前記サイロから前記チャンバへ前記接続管を通して重力によって又
は少なくとも部分的に重力によって流れることができるように、前記チャンバに対して前
記サイロ及び前記接続管を位置決めするステップと、

前記チャンバ内に固体反応物質の固定床を形成するように、前記チャンバを固体反応物
質で満たすステップと、

前記プラズマリアクターに供給ガスを導入するステップと、

プラズマを形成するために前記プラズマリアクターを動作させ、変換及び／又は未変換
の供給ガスが前記固体反応物質の固定床と相互作用することができるように、前記チャン
バによって受容される前記変換及び未変換の供給ガスのガス流を生成するステップと、

前記プラズマリアクターの動作中に、前記チャンバ内の固体反応物質が消尽しつつある
場合に、前記チャンバを反応物質で満たした状態に維持するように、前記サイロから前記
チャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように、前記接続管を通じて前記チャンバ
と接続された前記サイロを維持するステップであり、前記サイロから前記チャンバへの前
記反応物質の流れは重力によって、又は少なくとも部分的に重力によって誘導されるステ
ップと、

生成ガスを前記チャンバから排出するステップと、
を備える、方法。

【請求項 3 6】

請求項 3 5 に記載の方法において、前記反応物質は炭素であり、前記方法は、さらに、
前記炭素を前記サイロに貯蔵する前に、前記炭素から水素含有及び／又は酸素含有官能基
を除去するために前記炭素を前処理するステップを備え、好ましくは、前記前処理は前記
炭素を不活性ガスで満たされた炉に入れるステップを備える、方法。

【請求項 3 7】

請求項 1 ～ 3 4 のいずれか一項に記載の装置又は請求項 3 5 若しくは 3 6 に記載の方法
において、前記固体反応物質は、粉末物質、粒状物質、バルク物質、ペレット物質から選
択される、装置又は方法。

【請求項 3 8】

請求項 1 ～ 3 4 のいずれか一項に記載の装置又は請求項 3 5 若しくは 3 6 に記載の方法
において、前記固体反応物質は炭素、好ましくは炭素ペレット又は炭素粒の形態であり、
前記供給ガスは少なくとも CO_2 を含み、前記チャンバから排気される前記生成ガスは少

10

20

30

40

50

なくともCOを含む、装置又は方法。

【請求項39】

請求項1～34のいずれか一項に記載の装置又は請求項35～38に記載の方法において、前記プラズマリアクターは古典的グライディングアークプラズマリアクター、回転グライディングアークプラズマリアクター、渦安定化グライディングアークプラズマリアクター、二重渦プラズマリアクター、マイクロ波プラズマリアクター、誘導結合プラズマ（ICP）リアクター、容量結合プラズマ（CCP）リアクター又は大気圧グロー放電プラズマリアクターのいずれかである、装置又は方法。

【請求項40】

請求項1～34のいずれか一項に記載の装置又は請求項35～38に記載の方法において、前記プラズマリアクターは動作時に、ガス温度は1000°ケルビン以上、好ましくは1500°ケルビン以上、より好ましくは2000°ケルビン以上であり、好ましくは前記ガス温度が5000°ケルビンよりも低いプラズマが生成されるように構成されたウォームプラズマリアクターである、装置又は方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、動作時にプラズマが形成されるプラズマリアクターを含むガス変換のための装置に関する。プラズマリアクターは、供給ガスをプラズマリアクターに導入するように構成された1つ又は複数のガス入口と、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクターから排出するためのガス出口と、を備える。

【背景技術】

【0002】

プラズマベースのガス変換のためのプラズマリアクターは、様々な化学反応用途で関心が高まっている。

【0003】

プラズマリアクターの潜在的な利点の一例として、CO₂を付加価値の高い化学物質又は再生可能燃料に変換することで、地球大気中のCO₂レベルを削減することが挙げられる。実際、プラズマリアクターを使用すると、CO₂をCOとO₂に直接分割することができ、COは、例えば非特許文献1（Chem. Soc. Rev. 2017, 46, 5805.）でSnockx氏及びBogaerts氏が論じているように、付加価値の高い化学物質又は再生可能燃料を製造するための化学原料として使用できる。

【0004】

グライディングアークプラズマリアクターによるCO₂変換は8.6%に達することが報告されている。プラズマリアクターによるCO₂からCOへの変換に関するこれらの結果は有望であるが、プラズマリアクター技術が大規模な用途において商業的に魅力的なものになるためには、さらなる改良が望まれる。重要なことは、より高い変換率、理想的には100%を得ることであり、エネルギー消費量（一般にエネルギーコストとも呼ばれ、原料ガス1mol当たりのジュールで表される）を可能な限り低くすることである。

【0005】

さらに、産業用途に直接適用するためには、理想的にはO₂を含まない排ガス、つまり排ガスに純粋なCOのみが含まれている必要がある。実際、CO₂が解離すると、原子状酸素も生成され、不要な逆反応、すなわちCOとCO₂が再結合して正味の変換とエネルギー効率を低下させる原因となる。また、2つのO原子が再結合してできたO₂は、COと再結合してCO₂になる可能性がある。したがって、OとO₂の両方は、逆反応を回避し、下流での分離コストを削減するために、物理的又は化学的にクエンチ（急冷）する必要がある望ましくない化学種である。

【0006】

それゆえ、プラズマリアクターに基づくガス変換のための装置を改良する余地がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本開示の目的は、先行技術のガス変換のための装置と比較して、生成ガス中の酸素レベルが低減されたガス変換のための装置を提供することである。より具体的には、従来技術のガス変換のための装置と比較して、 O_2 排気レベルが強く低減される、 CO_2 を CO に変換するための装置を提供することが目的である。好ましくは、 O_2 排気レベルは 5 % 以下であり、より好ましくは 1 % 以下である。プラズマベースのガス変換のための従来技術のプラズマリアクターと比較して、生成ガス、例えば CO の生産収率が増加及び／又はエネルギーコストが削減される、ガス変換のための装置を提供することがさらなる目的である。

10

【発明を解決するための手段】

【0008】

本発明は、添付の特許請求の範囲における独立請求項に定義される。従属請求項は、有利な実施形態を定義する。

【0009】

本開示の第 1 の態様によれば、プラズマを生成するためのプラズマリアクターと、及びプラズマリアクターに結合されたチャンバと、を備える、ガス変換のための装置が提供される。

【0010】

プラズマリアクターは供給ガスをプラズマリアクターに導入するように構成された 1 つ又は複数のガス入口と、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクターから排気するためのガス出口と、を備える。チャンバは、プラズマリアクターのガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流を受けると構成され、チャンバは、さらに、固体反応物質の固定床を保持するように構成される。チャンバは、さらに、固体反応物質の固定床を形成するように固体反応物質をチャンバに充填するための供給スリーブ 28 を含む。チャンバには、チャンバから生成ガスを抽出するための少なくとも 1 つのガス排気窓が含まれる。

20

【0011】

本開示によるガス変換のための装置は、固体反応物質のストックを貯蔵するためのサイロを備え、サイロは、サイロから固体反応物質を排出するための底部開口部を有する底部側と、及びサイロの底部開口部をチャンバの供給スリーブに接続する接続管とを含むことを特徴とする。サイロ及び接続管は、装置が作動中であり、また固体反応物質がチャンバ内で消尽しつつあるとき、チャンバを固体反応物質で満たされた状態に維持するように、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように構成され、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れは、重力によって、或いは少なくとも部分的に重力によって誘導される。

30

【0012】

有利なことに、本開示による装置では、ガス変換は 2 段階で行われ、プラズマリアクターの第 1 変換段階において、供給ガスは、供給ガスとプラズマとの相互作用により分解され、反応物質で満たされたチャンバ内の第 2 段階において、プラズマリアクターから出るガスは、さらに、反応物質の固定床と相互作用することができる。このようにして、例えば CO_2 から CO へのガス変換の全体的な効率が改善され、チャンバから抽出される生成ガスの酸素レベルが強力に低減される。

40

【0013】

有利には、本開示による装置では、固体反応物質が消尽すると、消尽速度に対応する速度で新鮮な固体反応物質が自動的に供給される。

【0014】

有利なことに、本開示によるガス変換のための装置は、プラズマチャンバに反応物質を再充填するために動作を停止する必要がなく、連続モードで動作することができる。

【0015】

50

一般に、プラズマリアクターは少なくとも1つのガス出口を通る中心リアクター軸線を含み、チャンバは、中心リアクター軸線に沿って第1端部から第2端部まで延びている。

【0016】

実施形態において、チャンバの第1端部は軸線方向入口開口部を含み、プラズマリアクターのガス出口は、装置が動作しているとき、プラズマリアクターを出る変換及び未変換の供給ガスがチャンバに入るように、チャンバの軸線方向入口開口部に面している。

【0017】

実施形態では、サイロはサイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線に沿って延びている。

【0018】

実施形態において、サイロは中心サイロ軸線と重力軸線との間の角度 ϕ が $0^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$ の範囲、好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 30^\circ$ の範囲、より好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 10^\circ$ の範囲内にるように配向される。

【0019】

実施形態において、中心リアクター軸線は重力軸線に対してほぼ直交し、中心サイロ軸線と中心リアクター軸線との間の角度 β は $45^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲、好ましくは $60^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲、より好ましくは $80^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲内である。

【0020】

実施形態において、 $\beta = 90^\circ$ の場合、接続管は中心サイロ軸線と平行に配向された直管である。

【0021】

実施形態において、中心リアクター軸線は重力軸線とほぼ平行であり、中心サイロ軸と中心リアクター軸との間の角度 β が $0^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$ 、好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ 、より好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 10^\circ$ の範囲内である。

【0022】

実施形態において、サイロはサイロ内の固体反応物質の質量流を刺激するように構成された刺激装置を含み、好ましくは、刺激装置は回転機構、並進機構又は振動機構のいずれか又はこれらの組み合わせである。好ましい実施形態によれば、刺激装置はサイロ内に配置された1つ又は複数の振動又は回転するピン、プレート又は他の機械的物体を含む。

【0023】

実施形態において、接続管は第1管端部から第2管端部まで延びており、第1管端部はサイロの底部開口部に結合され、第2管端部はチャンバの供給スリーブットに結合される。

【0024】

実施形態において、本開示による装置は、さらに、チャンバから抽出された生成ガスを搬送するためのメインガス搬送管を含む。

【0025】

いくつかの実施形態において、本開示の装置は、固体反応物質がプラズマリアクターに入るのを避けるように構成されたメッシュを含む。

【0026】

好ましい実施形態において、本開示による装置は、さらに、消尽炭素粒子のような消尽反応物質を抜き取るためのポートをさらに含み、好ましくはチャンバの下部又は最下部又は底部にあり、また、好ましくはポートのための閉鎖手段又は部材を含む。

【0027】

好ましい実施形態において、本開示による装置は、さらに、生成ガスの酸素濃度を測定するために、反応物質から下流に配置されたメインガス搬送管内に配置された酸素センサと、及びサイロからチャンバへの固体反応物質の流れを制御するため、またチャンバからの消尽反応物質の除去を制御するためのコントローラと、を備える。好ましくは、コントローラは、反応物質の下流のメインガス搬送管中の酸素濃度のみ又は少なくとも酸素濃度に基づいて、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応

10

20

30

40

50

物質の除去を制御するように適合されている。

【0028】

好ましい実施形態によれば、コントローラは酸素濃度が所定の閾値を超えて通過する場合に、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合又は構成される。

【0029】

好ましい実施形態によれば、コントローラは酸素濃度が所定の閾値未満に維持するために、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合又は構成される。

【0030】

好ましい実施形態によれば、コントローラは酸素濃度が所定の範囲内に維持するために、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合又は構成される。

【0031】

好ましい実施形態によれば、コントローラは、さらに、反応物質抜き取りのためのポートの閉鎖部材（存在する場合）及び／又はサイロ内の刺激装置又は刺激手段（存在する場合）及び／又はチャンバ内の混合及び／又はプロペラ手段又は装置（存在する場合）の1つ又は複数又は任意の組み合わせであり、好ましくは酸素センサによって測定された酸素濃度のみ又は少なくとも酸素濃度に基づいて制御するように構成される。

【0032】

好ましい実施形態によれば、チャンバはチャンバ内で反応物質を混合するプロセスを可能にするように構成されている。

【0033】

好ましい実施形態によれば、チャンバ内の炭素粒子のような反応物質を混合するために配置及び適合された混合手段又は混合装置を含む。これにより、チャンバ内の反応物粒子が再シャッフルされ、向きがランダムに変化し、各々の反応物粒子又はペレットの別のより少ないか又は消尽していない部分がガス流にさらされる可能性があり、装置の性能が向上し、反応物粒子の寿命が延びるという利点を得られる。

【0034】

好ましい実施形態によれば、混合装置はチャンバ内に配置された少なくとも1つ又は複数の振動する又は回転するピン、プレート又は他の機械物体を含む。

【0035】

好ましい実施形態によれば、混合装置はチャンバ内に配置されたスクリュウ又はヘリカルスクリュウコンベアを含み、好ましくは、チャンバの長手方向軸線に平行な長手方向軸線を有する。

【0036】

好ましい実施形態によれば、チャンバは回転可能に取り付けられ、好ましくはチャンバの長手方向軸線に対応する軸線に沿っている。

【0037】

好ましい実施形態によれば、混合プロセスは連続的である。

【0038】

好ましい実施形態によれば、混合プロセスは所定の又は測定制御された混合タイムスケジュールに従って行われる。例えば、混合は酸素濃度が所定の閾値を上回ると、所定の時間又は酸素濃度が所定の閾値を実質的に下回らない限り、或いは所定の第2閾値を下回らない限り、起こることができる。或いは、混合はあらかじめ決められた一定時間間隔で、あらかじめ決められた時間だけ行うこともできる。さらに別の方法として、混合は酸素濃度の測定に基づく時間の間、所定の規則的な時間間隔で行うことができる。例えば、一定の時間間隔で、各々の酸素濃度が所定の閾値を実質的に下回らない限り、或いは所定の第2閾値を下回らない限り、混合を行うことができる。

【0039】

10

20

30

40

50

好ましい実施形態において、本開示による装置は、さらに、チャンバ内で消尽反応物質を抜き取るために、反応物質をポートに向かって推進又は駆動するための手段又は装置を備える。推進するための手段は、例えば、チャンバ内に配置されたスクリュウ又はヘリカルスクリュウコンベアを含むことができる。スクリュウ又はヘリカルスクリュウコンベアの長手方向軸線は、好ましくはチャンバの長手方向軸線に対応する。好ましい実施形態によれば、消尽反応物質の除去はサイロからの新鮮な、消尽していない反応物質粒子の再充填と同時にされる。

【0040】

本開示の第2の態様によれば、ガス変換のための方法が提供される。

【0041】

本方法は

- ・プラズマを生成するためのプラズマリアクターを準備するステップであって、プラズマリアクターは、供給ガスをプラズマリアクターに導入するように構成された1つ又は複数のガス入口と、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクターから排出するためのガス出口と、を含むものである、ステップと、
 - ・固体反応物質で充填可能なチャンバを準備するステップと、
 - ・プラズマリアクターのガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流がチャンバの入口開口部を通してチャンバ内に受け入れられるように、チャンバをプラズマリアクターに結合するステップと、
 - ・固体反応物質のストックをサイロに貯蔵するステップと、
 - ・反応物質を供給するために、サイロの底部開口部をチャンバ内の供給スリーブットに接続するための接続管を使用するステップと、
 - ・固体反応物質がサイロからチャンバへと接続管を通して重力によって又は少なくとも部分的に重力によって流れることができるように、チャンバに対してサイロ及び接続管を位置決めするステップと、
 - ・チャンバ内に固体反応物質の固定床を形成するように、チャンバを固体反応物質で満たすステップと、
 - ・プラズマリアクターに供給ガスを導入するステップと、
 - ・プラズマを形成するためにプラズマリアクターを動作させ、変換及び／又は未変換の供給ガスが固体反応物質の固定床と相互作用することができるように、チャンバによって受容される変換及び未変換の供給ガスのガス流を生成するステップと、
 - ・プラズマリアクターの動作中に、チャンバ内の固体反応物質が消尽しつつある場合に、チャンバを反応物質で満たされた状態に維持するように、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように、接続管を通じてチャンバと接続されたサイロを維持するステップであって、サイロからチャンバへの反応物質の流れは重力によって、又は少なくとも部分的に重力によって誘導されるステップと、
 - ・生成ガスをチャンバから排出するステップと、
- を備える。

【0042】

実施形態において、プラズマリアクターは動作中にプラズマが生成されるように構成されたウォームプラズマリアクターであり、ガス温度が1000°ケルビン以上、好ましくは1500°ケルビン以上、より好ましくは2000°ケルビン以上、好ましくはガス温度が5000°ケルビン未満である。

【0043】

実施形態において、プラズマリアクターは古典的グライディングアークプラズマリアクター、回転グライディングアークプラズマリアクター、渦安定化グライディングアークプラズマリアクター、二重渦プラズマリアクター、マイクロ波プラズマリアクター、誘導結合プラズマリアクター、容量結合プラズマリアクター又は大気圧グロー放電プラズマリアクターのいずれかである。

【0044】

実施形態において、固体反応物質は粉末物質、粒物質、バルク物質、ペレット物質から選択される。

【0045】

第1の態様について上述した特徴及び実施形態は、変更すべきところは変更して、第2の態様についても同様に開示されることが意図されており、その逆もまた同様である。

【図面の簡単な説明】

【0046】

本開示のこれらの態様及びさらなる態様を、例として、添付の図面を参照してより詳細に説明する。

【図1】本開示によるガス変換のための装置の第1の実施形態の断面図を概略的に示す。

10

【図2】本開示によるガス変換のための装置の第2の実施形態の断面図を概略的に示す。

【図3】本開示によるガス変換のための装置の第3の実施形態の断面図を概略的に示す。

【図4】固体反応物質の固定床を形成するための本開示によるチャンバの断面図を概略的に示す。

【図5a】本開示によるサイロの2つの実施形態の断面図を概略的に示す。

【図5b】本開示によるサイロの2つの実施形態の断面図を概略的に示す。

【図6】本開示によるガス変換のための装置で得られた時間の関数としての酸素濃度（曲線A）及び炭素床を含むチャンバを有さない従来技術の装置で得られた酸素濃度（曲線B）を示す。

【図7】本開示によるガス変換のための装置であり、プラズマリアクターが2DGAプラズマリアクターである或る実施形態の断面図を概略的に示す。

20

【図8】本開示によるガス変換のための装置であり、プラズマリアクターがマイクロ波プラズマリアクターである或る実施形態の断面図を概略的に示す。

【図9】本開示によるガス変換のための装置であり、プラズマリアクターがAPGDプラズマリアクターである或る実施形態の断面図を概略的に示す。

【図10】第3の実施形態に基づく、本開示の第4の実施形態を概略的に示す。

【図11】第3の実施形態に関して第4の実施形態に追加された特徴の利点を示すデータを提供するグラフである。

【図12】本開示の実施形態の好ましい特徴の特徴を概略的に示す。

【図13】本開示の実施形態の好ましい特徴の特徴を概略的に示す。

30

【図14】本開示の実施形態の好ましい特徴の特徴を概略的に示す。

【図15】本開示の実施形態の好ましい特徴の特徴を概略的に示す。

【0047】

図の図面は、縮尺通りでも、比例して描かれてもいない。一般に、図中、同一の構成要素には同一の参照数字が付されている。

【発明を実施するための形態】

【0048】

本開示は、特定の実施形態の観点から説明されるが、これらは本開示を例示するものであり、限定するものとして解釈されるものではない。当業者には、本開示は特に示されるもの及び／又は説明されるものによって限定されるものではなく、本開示の全体的な教示に照らして、代替又は修正された実施形態が開発され得ることが理解されるであろう。記載された図面は概略的なものに過ぎず、非限定的である。

40

【0049】

「備える／含む（to comprise）」という動詞の使用及び各々の活用は、記載された要素以外の要素の存在を排除するものではない。要素に先行する冠詞「a」、「an」又は「the」の使用は、そのような要素が複数存在することを排除しない。

【0050】

さらに、本明細書及び請求の範囲において、第1、第2などの用語は、類似の要素を区別するために使用され、必ずしも、時間的、空間的、順位付け又は他の方法のいずれかの順序を記述するために使用されるものではない。このように使用される用語は、適切な状

50

況下では交換可能であり、本明細書に記載される本開示の実施形態は、本明細書に記載又は図示される以外の順序で動作可能であることを理解されたい。

【0051】

本明細書全体を通して「一実施形態 (one embodiment)」又は「或る実施形態 (an embodiment)」という言葉は、実施形態に関連して記載される特定の特徵、構造又は特性が、本開示の1つ又は複数の実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書を通じて様々な場所で「一実施形態において (in one embodiment)」又は「或る実施形態において (in an embodiment)」という表現が現れるが、必ずしもすべてが同じ実施形態を指すわけではなく、その可能性がある。さらに、特定の特徵、構造又は特性は、1つ又は複数の実施形態において、本開示から当業者に明らかであるように、任意の適切な方法で組み合わせることができる。

10

【0052】

「実質的に／ほぼ (essentially)」という語句が実質的に／ほぼ平行又は実質的に／ほぼ直交する状況で使われている場合、それは1°以内での平行又は直交状態と解釈されなければならない。

【0053】

重力軸線という言葉が使われる場合、それは地球の引力の方向を示す軸線として解釈されなければならない。

【0054】

「供給ガス (feed gas)」という言葉が使用される場合、それはガス変換のための装置の入力ガスとして解釈されなければならない。供給ガスは、少なくとも変換されるガス、例えばCO₂を含む。

20

【0055】

「生成ガス (product gas)」という語が使用される場合、それはガス変換のための装置の出力ガスとして解釈されなければならない。生成ガスはガス変換のための装置内でガス変換された結果生じるすべてのガス種を含む。生成ガスは変換されない供給ガスも含む。例えば、生成ガスはCO₂の変換から生じるCOを含むことができる。

【0056】

(ガス変換のための装置、一般)

図1、図2、図3、図7、図8及び図9を参照すると、本開示によるガス変換のための装置1の例示的な実施形態の断面図が示されている。

30

【0057】

本開示によるガス変換のための装置1は、プラズマを生成するためのプラズマリアクター10を備える。典型的には、プラズマリアクターはプラズマリアクター10に供給ガスを導入するように構成された1つ又は複数のガス入口11と、プラズマリアクター10から変換及び未変換の供給ガスのガス流を排出するためのガス出口12と、を備える。

【0058】

ガス出口はプラズマリアクターの壁に配置されたオリフィス又は開口であって、変換及び未変換のガスをプラズマリアクターから取り出すように構成されたオリフィス又は開口として解釈されなければならない。実施形態において、ガス出口は、例えば、円形の断面を有することができる。

40

【0059】

供給ガスは変換が必要なガスを含む。例えば、実施形態では、供給ガスはCOに変換される必要のあるCO₂を含む。実施形態では、供給ガスは変換されるガスの他に、追加のキャリアガス、例えば不活性ガス又は変換に寄与する可能性のある別のガスを含む。

【0060】

変換された供給ガスは、分解された供給ガスと解釈する必要がある。変換された供給ガスはプラズマが供給ガスと相互作用した結果、供給ガスが分解されたすべての種を含む。変換された供給ガスは例えばガス分子又は原子を含む。全ての供給ガスがプラズマリアクターで変換されるわけではないので、プラズマリアクターを出るガスの一部は未変換の供

50

給ガスである。

【0061】

実施形態において、プラズマリアクターは、例えば、 CO_2 変換のために構成されたプラズマリアクターであり、したがって、これらの実施形態において、供給ガスは少なくとも CO_2 を含む。ガス出口12を通してプラズマリアクターを出る変換された供給ガスは、 CO_2 の CO と O への分解から生じる例えば CO と O を含み、変換された供給ガスは、さらに、2つの O 原子の再結合によって形成される例えば O_2 を含むことができる。

【0062】

一般に、図1～図3及び図7～図9に示すように、プラズマリアクター10はプラズマリアクター10の少なくとも1つのガス出口12を通過する中心リアクター軸線 (central reactor axis) Zを含む。通過するという表現は、交差又は横断すると解釈する必要がある。ガス出口12が円形の断面形状を有する実施形態においては、中心リアクター軸線Zはガス出口を中心的に通過する。プラズマリアクターの詳細な実施形態については、さらに、以下で議論する。

【0063】

本開示のガス変換のための装置1は、プラズマリアクター10のガス出口12を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流を受け入れるように構成されたチャンバ20をさらに備えることを特徴とする。

【0064】

典型的には、チャンバ20はチャンバ内に固体反応物質の固定床を形成するように固体反応物質2をチャンバ内に充填するための供給スルーポート28を含む。換言すれば、チャンバ20はプラズマリアクターが動作しているときに、プラズマリアクターから排気される変換及び未変換の供給ガスが固体反応物質の固定床と反応することができる反応チャンバとして解釈されなければならない。このようにして、2つのガス変換段階を使用するガス変換のための装置が形成される。第1段階ではプラズマリアクター内でガス変換が行われ、第2段階ではプラズマリアクターを出たガスがチャンバ内の固体反応物質とさらに反応することができる。

【0065】

チャンバ20は固体反応物質の固定床を保持するように構成され、従って、固体反応物質を支持又は収容するための少なくとも壁を含む。

【0066】

図1～図3及び図7～図9に示すように、チャンバ20には生成ガスをチャンバから排出するための少なくとも1つのガス排気窓27を含んでいる。

【0067】

生成ガスはガス変換のための装置の出力ガスとして解釈されなければならない。生成ガスはプラズマリアクターにおけるガス変換と、チャンバ20内で発生する更なるガス相互作用との組み合わせから生じる全てのガス種を含む。従って、生成ガスはプラズマチャンバから抽出された変換及び／又は未変換の供給ガスと固体反応物質2の固定床との相互作用から生じるガスを含む。生成ガスは、また、反応物質の固定床とそれ以上反応しなかったプラズマリアクターから抽出された変換及び／又は未変換の供給ガスも含む。

【0068】

図1～図3及び図7～図9に、さらに示されるように、本開示のガス変換のための装置1は、固体反応物質2のストックを貯蔵するためのサイロ30をさらに備える。サイロは、サイロから固体反応物質を排出するための底部開口部31を有する底部側と、サイロの底部開口部31をチャンバの供給スルーポート28に接続する接続管40と、を含む。このようにして、固体反応物質は、接続管を通してサイロからチャンバに搬送することができる。

【0069】

一般に、図1～図3及び図7～図9に示されるように、接続管40は第1管端部から第2管端部まで延びており、第1管端部はサイロの底部開口部31に結合され、第2管端部

10

20

30

40

50

はチャンバの供給スリーブット 28 に結合されている。

【0070】

実施形態においては、接続管 40 の第 1 管端部は、接続管をチャンバに取り外し可能に結合できるように、チャンバの供給スリーブット 28 の雌ねじ山と嵌合する雄ねじ山を含む。

【0071】

実施形態において、接続管 40 の第 2 管端部は、サイロ 30 の底部開口部 31 に溶接される。他の実施形態では、第 2 管端部は接続管 40 をサイロ 30 の底部開口部 31 に取り外し可能に結合するように構成されたねじ山を含む。

【0072】

本開示の装置は、サイロ 30 及び接続管 40 が、固体反応物質が重力によって又は少なくとも部分的に重力によってサイロ 30 からチャンバ 20 に流れることができるように構成されていることを特徴とする。より正確には、ガス変換のための装置が動作中であり、固体反応物質がチャンバ内で消尽しつつあるとき、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れは、チャンバが固体反応物質で満たされたままであるように誘導される。サイロからチャンバへの固体反応物質の流れは、重力によって又は少なくとも部分的に重力によって誘導される。

【0073】

実際、チャンバに対するサイロの形状及び向きを定義することによって、サイロからチャンバへの流れは、重力によって、又は少なくとも部分的に重力によって誘導される。図 1 ～図 3 及び図 7 ～図 9 では、重力の方向を示す重力軸線 G が示されている。

【0074】

ガス変換のための装置 1 の動作中、チャンバ 20 内の固体反応物質 2 は消尽しつつあり、したがって、新しい固体反応物質を連続的に供給する必要がある。サイロ 30 から連通管 40 を介してチャンバ 20 に反応物質を連続的に供給することにより、ガス変換のための装置 1 はプラズマチャンバ 20 に固体反応物質 2 を再充填するために動作を停止する必要がなく、連続モードで動作することができる。

【0075】

一般に、固体反応物質は粉末物質、粒状物質、バルク物質、ペレット物質から選択される。

【0076】

実施形態において、例えばガス変換のための装置が CO₂ 変換のための装置である場合、固体反応物質は炭素であり、好ましくは炭素ペレット又は炭素粒状体の形態である。ペレットの例は活性炭ペレットである。

【0077】

実施形態において、固体反応物質はバイオ炭である。バイオ炭はバイオマスの熱分解から得られ、一般に非常に安価な再生可能エネルギー源である。

【0078】

実施形態において、ガス変換のための装置はチャンバ 20 に含まれる固体反応物質がプラズマリアクター 10 に入ることを回避するように構成されたメッシュを備える。一般に、メッシュはプラズマリアクター 10 のガス出口 12 に配置される。メッシュは、例えば、金属、石英、セラミック、又はプラズマリアクターの高温に耐えるのに適した他の物質で作られる。メッシュの開口部は固体反応物質の粒子又は粒状体（又はペレット）のサイズよりも小さくなるように設計される。リアクターの向き及びチャンバに対する位置によっては、メッシュ又はグリッドが不要な場合もある。これは例えば、ガス変換のための垂直倒立又は水平に取り付けられた装置の場合である。ガス変換のための垂直倒立の装置は、チャンバ内の固体反応物粒子がプラズマリアクターから離れる方向に重力を受けるように、チャンバがプラズマリアクターの下方に配置され、チャンバ内の粒子がプラズマリアクターのガス出口開口部を通して重力により落下することができないような装置として解釈されなければならない。

10

20

30

40

50

【0079】

ガス変換のための装置1は、一般に、チャンバの少なくとも1つのガス排気窓27を通して生成ガスを抽出した後、生成ガスをさらに搬送するように構成されたメインガス搬送管50を備える。

【0080】

例えば、図3に示すような実施形態においては、搬送管をチャンバ20に軸線方向に結合することができる。この結合は、例えばねじ又は溶接によって行うことができる。

【0081】

他の実施形態では、例えば図1に示されているように、搬送管50の端部がチャンバ20を完全に取り囲んでおり、搬送管の端部がプラズマリアクター10に結合されている。したがって、これらの実施形態では、搬送管50は、また、少なくとも部分的に、変換のための装置の外部排気体も形成する。この搬送管とプラズマリアクターとの結合は、例えば、ネジ又は溶接によって行うことができる。図1に示すこの実施形態では、搬送管50に開口部が形成され、接続管40がこの開口部を通過し、チャンバの供給スルーポート28を通過した後にはチャンバ20に到達できるようになっている。図1に示す実施形態では、搬送管の端部はプラズマリアクターのアノード17に接続されている。

【0082】

(固体反応物質の床を形成するためのチャンバ)

図4を参照すると、固体反応物質の固定床を形成するためのチャンバ20の或る実施形態の一例の断面が概略的に示されている。

【0083】

典型的には、チャンバ20は第1端部から第2端部まで中心軸線に沿って細長く、第1端部は軸線方向入口開口部22を含む。一般に、チャンバの中心軸線はプラズマリアクターの中心リアクター軸線Zに対応する。プラズマリアクター10及びチャンバ20がガス変換のための装置1を形成するために組み立てられるとき、プラズマリアクターのガス出口12はチャンバ20の軸線方向の入口開口部に面している。

【0084】

図1～図4及び図7～図9では、チャンバ20の壁は黒塗りされている。チャンバ20の壁はステンレス鋼、銅、真鍮、石英のいずれか又はそれらの組み合わせでできていることが好ましい。

【0085】

実施形態において、例えば図1から図4に概略的に示されているように、チャンバの壁は平らな壁である。他の実施形態において、壁はバスケットタイプ(basket-type)チャンバを形成するメッシュタイプ(mesh-type)壁とすることができる。バスケットタイプチャンバのメッシュの開口部は、反応物質をチャンバ内に含有できるように選択される。

【0086】

図4に示す実施形態において、チャンバ20は第1端部と第2端部との間に延びる周壁21を含み、供給スルーポート28は周壁21を貫通する開口部に対応する。

【0087】

図2～図4に示す実施形態において、ガス排気27はチャンバの軸線方向端壁を貫通して作られる。他の実施形態において、例えば図1に示すように、ガス排気27はチャンバ20の周壁21を通して作られる。ガス排気は生成ガスを排出するためのチャンバ内の開口部として解釈されなければならない。

【0088】

実施形態において、ガス排気は固体反応物質が生成ガスと共にチャンバから逃げるのを回避するように構成されたメッシュを含む。

【0089】

実施形態において、図1～図4に示すように、チャンバ20はガス変換のための装置が動作しているときにチャンバ内の温度を測定するための熱電対設置するように構成された

10

20

30

40

50

1つ又は複数のポート25を含む。温度測定により、プラズマリアクターを制御又は調整することができる。

【0090】

チャンバ20をプラズマリアクター10に結合するには、さまざまな選択が可能である。

【0091】

実施形態において、チャンバ20は、例えばプラズマリアクター10に溶接することができる。

【0092】

他の実施形態では、チャンバ20はプラズマリアクター10に取り外し可能に結合される。例えば、チャンバ20の軸線方向入口開口部22は、チャンバをプラズマリアクターに取り外し可能にねじ込まれるように、プラズマリアクターの本体の一部の雄ねじ山と嵌合する雌ねじ山を含むことができる。

【0093】

実施形態において、プラズマリアクターの電極部分は、チャンバの軸線方向入口開口部22の雌ねじ山と嵌合する雄ねじ山を含み、チャンバを電極17にねじ込むことによってチャンバをプラズマリアクターに結合することを可能にする。

【0094】

さらなる実施形態において、チャンバ20はプラズマリアクター10にねじでねじ込まれる。

【0095】

(サイロ、例示的な実施形態)

反応物質を貯蔵するためのサイロ30は、様々な形状とすることができる。実施形態において、サイロの周壁の少なくとも一部は、円錐体、円柱体、直方体、角錐体、角柱体又はそれらの任意の組み合わせのいずれかの形状を有する。

【0096】

典型的には、サイロ30は真鍮、銅、鋼鉄、ガラス、プラスチックのいずれか又はそれらの組み合わせで作られている。

【0097】

サイロ30は、固体粒子が重力を受け、固体粒子がサイロの底部開口部31を通してサイロから落下できるように配向される。例えば、図5a及び図5bに概略的に示されているように、サイロの底部側から上側に延びる中心サイロ軸線Sは、重力軸線Gと平行にすることができる。

【0098】

固体反応物質の流れがサイロからチャンバへ重力によって誘導されることを確認するために、サイロは中心サイロ軸線Sと重力軸線Gとの間の角度 ϕ が範囲内にあるように配向される。 $0^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$ 、好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 30^\circ$ の範囲、より好ましくは $0^\circ \leq \phi \leq 10^\circ$ の範囲である。図1～図3及び図7～図9に示す例では、角度 ϕ は 0° であり、すなわち中心サイロ軸線Sは重力軸線Gと平行である。

【0099】

図5a及び図5bを参照すると、本開示によるサイロ30の実施形態の例が示されていて、サイロは円錐形の底部を含む。これらの例では、中心サイロ軸線Sは重力軸線Gと平行である。

【0100】

サイロの形状に応じて、固体反応物質の異なるタイプの流れを生成することができる。実施形態において、図5a及び図5bに示されるように、サイロは円錐角 α を有する円錐形の底部を含む。円錐の急勾配によって、サイロ内の反応物質の流れは異なる。図5bに示すような急勾配、すなわち大きな角度 α の場合、固体物質はサイロ内で基本的に層ごとに落下し、黒い矢印は流れ方向を示す。一方、それほど急でない流れ、すなわち小さな角度 α 、又は円錐部分がないサイロの場合は、サイロ内でいわゆる漏斗流を生成し、漏斗が

10

20

30

40

50

上から下へと形成され、粒子が漏斗を通して上から下へと落下する。図 5 a において、矢印が粒子の流れの方向を示している。漏斗流タイプのサイロでは、底部開口部 31 を通ってサイロから落下する粒子は、サイロ内の異なる高さレベルに由来するより混合された粒子となる。円錐部分の角度 α は、例えば、反応物質の必要な質量流量の関数として決定することができ、円錐部分の角度 α が大きいほど、質量流量は大きくなる。

【0101】

さらなる実施形態において、サイロ 30 はサイロ内の反応物質の質量流を刺激するように構成された刺激装置を含む。実施形態において、刺激装置はサイロ内で回転する回転スクリー又はヘリカルスクリーコンベアのような回転機構を含む。他の実施形態では、刺激装置は振動プレートのような振動機構を含む。さらなる実施形態において、サイロは回転機構と振動機構との組み合わせを含む。さらなる実施形態において、刺激装置は並進機構を含む。他の実施形態において、刺激装置は可動ベルトを含む。実施形態において、刺激装置は回転、並進又は振動機構のいずれかの組み合わせとすることができる。

10

【0102】

刺激装置は、サイロ内の粒子をサイロの底部開口部から重力によって落下するのに有利な位置に持ってくるのに役立つ。特に、サイロの一部が空である場合、粒子がサイロの内部で詰まっている可能性があり、粒子がサイロの底部開口部の前に運ばれ、重力によって落下できるように、サイロの内部で粒子を移動させる必要がある。

【0103】

実施形態において、サイロ 30 は図 5 a 及び図 5 b に概略的に示されているように、サイロの上側に位置する蓋 32 を含む。蓋を取り外すことにより、サイロに固体反応物質を再充填することができる。実施形態において、蓋は石英窓を含み、サイロに残っている固体反応物質の量を視覚的に監視することができる。

20

【0104】

(ガス変換のための装置、ジオメトリ)

固体反応物質は重力によって又は少なくとも部分的に重力によってサイロ 30 からチャンバ 20 へ流れることができるプラズマ変換のための装置の多数の例示的な実施形態をさらに詳述する。

【0105】

プラズマリアクター 10 の中心リアクター軸線 Z に対するサイロ 30 の向きは、実施形態ごとに異なり得る。また、重力軸線 G に対するプラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z の向きは、実施形態ごとに異なり得る。

30

【0106】

プラズマ変換のための装置の第 1 ジオメトリは、水平ジオメトリであり、装置は動作時に、中心リアクター軸線 Z が重力軸線 G に対してほぼ直交するように構成される。この水平ジオメトリは図 1、図 3、図 7 ~ 図 9 に示す実施形態のジオメトリに対応する。上述したように、ほぼ直交するとは、プラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z 及び重力軸線 G が 1° 以内で直交するように解釈しなければならない。

【0107】

このような水平ジオメトリを有するガス変換のための装置の実施形態において、中心サイロ軸線 S は中心リアクター軸線 Z に対して角度 β を形成しており、角度 β は、典型的には以下の範囲である。 $45^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ 、好ましくは $60^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲、より好ましくは $80^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ の範囲である。このようにして、ガス変換のための装置が動作しているとき、サイロ内の粒子は重力を受け、サイロの底部開口部 31 を通って落下し、さらに接続管 40 を介してチャンバ 20 に向かって落下する。

40

【0108】

図 1 及び図 3 に示す実施形態では、角度 β は 90° であり、したがって中心サイロ軸線 S は重力軸線 G と平行である。

【0109】

実施形態では、図 1 及び図 3 にさらに示されているように、接続管 40 は中心サイロ軸

50

線 S と平行な向きの直管である。このようにして、固体粒子は重力によってサイロの底部側から直管を介してチャンバ 20 内に直接落下することができる。このように、接続管 40 に屈曲部がないため、粒子が接続管に詰まって、サイロからチャンバへの粒子の流れが妨げられるリスクが低減される。

【0110】

ガス変換のための装置の第 2 ジオメトリは垂直ジオメトリであり、装置は動作時に、プラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z が重力軸線 G とほぼ平行であるように構成される。この垂直ジオメトリは図 2 に示す実施形態で説明される。ほぼ平行とは、中心リアクター軸線 Z 及び重力軸線 G が 1° 以内で平行であると解釈されなければならない。

【0111】

このような垂直ジオメトリを有するガス変換のための装置の実施形態では、サイロの中心サイロ軸線 S とプラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z との間の角度 β は、典型的には以下の範囲である。 $0^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$ 、好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ の範囲、より好ましくは $0^\circ \leq \beta \leq 10^\circ$ の範囲である。このようなジオメトリでは、サイロ内の粒子は重力を受け、サイロの底部開口部 31 からチャンバ 20 に向かって落下する。角度 β が小さいほど、粒子はサイロから落下しやすくなる。図 2 に示す実施形態において、 $\beta = 0^\circ$ であるため、サイロの中心サイロ軸線 S はプラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z と平行である。

【0112】

このような垂直ジオメトリを有する実施形態において、接続管 40 は少なくとも 1 つの直管部分を含み、直管部分の中心軸線は中心リアクター軸線 Z に対して $30^\circ \sim 60^\circ$ の間の角度で配向される。

【0113】

(プラズマリアクター、例示的な実施形態)

例えば CO_2 変換のために提案された様々なタイプのプラズマリアクターが当該技術分野において存在し、本開示は特定のタイプのプラズマリアクターに限定されるものではない。異なるタイプの従来技術のプラズマリアクターの例は、例えば、非特許文献 2 (Front. Energy Res., 8, 111 (2020)) に、Bogaerts 氏及び Centi 氏によって「 CO_2 変換のためのプラズマテクノロジー：展望とギャップに関する個人的見解 (Plasma technology for CO_2 conversion: A personal perspective on prospects and gaps.)」が開示されている。

【0114】

本開示によるプラズマリアクターは、典型的には大気圧で動作することから大気圧プラズマリアクターとも呼ばれるが、原理的には数 mbar から 1 bar 以上の圧力範囲で動作することができる。最も単純な形態では、ガス放電プラズマは供給ガスを完全に又は部分的にイオン化できるように、さらに供給ガスと呼ばれるガス中に配置された 2 つの電極間に電位差を印加することによって生成される。電位差は原則として、直流 (DC)、交流 (AC)、 50 Hz から $\text{kHz} \sim \text{MHz}$ の範囲 (無線周波 RF) 又はパルスとすることができる。さらに、電気エネルギーは、例えば、コイル (誘導結合プラズマ; ICP) 又はマイクロ波 (MW) として、他の方法で供給することもできる。本開示による異なるタイプのプラズマリアクターの実施形態について、以下でさらに詳細に詳述する。

【0115】

これらのプラズマリアクターは、動作時にガス温度が 1000°C 以上、好ましくは 1500°C 以上、より好ましくは 2000°C 以上、好ましくはガス温度が 5000°C 以下であるプラズマを生成するように構成されるため、ウォームプラズマリアクターとも呼ばれる。後述するように、供給ガスが例えば CO_2 を含む場合、このような高温によって、酸素から CO への変換又は逆ブードア反応 (reverse Boudouard reaction) を介した CO_2 から CO への変換など、カーボンペレットで満たされたチャンバ内で特定の反応が起こる。

【0116】

このようなウォームプラズマを生成することができる異なるタイプのプラズマリアクターが存在する。実施形態において、プラズマリアクターは、例えば、プラズマリアクタータイプの以下の非限定的なリストのいずれかである。古典的グライディングアーク（GA）プラズマリアクター、回転グライディングアーク（RGA）プラズマリアクター、渦安定化グライディングアークプラズマリアクター、二重渦プラズマリアクター、マイクロ波（MW）プラズマリアクター、誘導結合プラズマ（ICP）リアクター、容量結合プラズマ（CCP）リアクター又は大気圧グロー放電プラズマリアクター（APGD）。

【0117】

反応物質の固定床を含むチャンバが使用される本開示によるガス変換に適したガス変換のためのプラズマリアクターの多数の異なるタイプについて、より詳細に説明する。

10

【0118】

（グライディングアークプラズマリアクター）

プラズマリアクターの第1のタイプは、グライディングアーク（GA）プラズマリアクターである。GA放電は過渡的なタイプのアーク放電である。2次元の2DGA及び3次元の3DGAプラズマリアクターは区別することができる。2DGAは、古典的なグライディングアークプラズマリアクターとしても知られている。

【0119】

これらのGAプラズマリアクターに共通するのは、第1電極と、第1電極と電氣的に絶縁された第2電極と、第1電極と第2電極の間に高電圧を維持するように構成された電源と、を含むことである。高電圧は通常kVの範囲である。

20

【0120】

図7に示すように、古典的な2DGAプラズマリアクターでは、2つの平坦な発散電極16, 17の間に放電アーク61が形成される。アークは最短の電極間距離で開始され、電極に沿って流れるガス爆発の影響を受けて、アーク61は消滅して新たなアークが最短の電極間距離で形成されるまで電極間距離がより大きくなる方向に「滑走する（glides）」。図7に示すように、プラズマチャンバ20は、図7で黒塗りされており、固体反応物質2の固定床を含み、2DGAプラズマリアクター10に結合されている。矢印は、リアクターを通るガス流を示している。供給ガスはプラズマリアクター10のガス入口11を通して軸線方向に入り、ガスはチャンバ20に受け入れられる出口開口部12を通して軸線方向にプラズマリアクターから出る。GAプラズマリアクターの動作中、サイロ30は反応物質の連続的な供給を提供する。生成ガスは最終的にチャンバ20のガス排気窓27を通してチャンバ20から出る。

30

【0121】

3DGA放電プラズマリアクターの例としては、3Dグライディングアークプラズマトロン（GAP）及び回転グライディングアーク（RGA）リアクターがある。3Dプラズマリアクターの一種は、渦安定化プラズマリアクターとしても知られている。順渦流プラズマリアクター（FVF）と逆渦流プラズマリアクター（RVF）を区別することができる。

【0122】

図1～図3を参照すると、ガス変換のための装置が示されていて、プラズマリアクターは3Dグライディングアークプラズマトロン、より正確には逆渦流プラズマトロンである。3DGA P10はカソードである第1電極16と、アノードである第2電極17を含む。両電極は例えばステンレス製で、第1電極及び第2電極は各々直流電流源型電源及びアースに接続されている。電極はテフロンなどの絶縁体19で絶縁されている。

40

【0123】

GAPリアクター10では、供給ガス、例えばCO₂は中心リアクター軸線Zに対して旋回するガス流として導入され、これによりアークが滑走を開始する。GAP10のガス出口12は第2アノード電極17を貫通する中央開口部である。

【0124】

逆渦流プラズマトロンでは、ガスはまずガス出口12から遠ざかる方向に外側渦で流れ

50

、その後ガスはガス出口１２に向かう方向に直径のより小さい逆内側渦で逆流する。したがって、プラズマトロン１０によってアークが形成されると、アークがアノードの開口部を通る逆渦流によってリアクターから押し出され、直接炭素層に向かう。

【０１２５】

３ＤＧＡプラズマリアクターのさらなる例は、当該技術分野で知られている、いわゆる二重渦プラズマトロン（ＤＶＰ）である。この実施形態において、第１及び第２電極は電気絶縁体によって電氣的に分離されたプラズマリアクターの壁部分であり、アークが２方向に延びている。二重渦プラズマトロン１０は対向する側に位置する第１及び第２ガス出口を含み、反応物質で満たされた第１及び第２チャンバは、第１及び第２ガス出口に各々結合することができる。

10

【０１２６】

（マイクロ波プラズマリアクター）

第２のタイプのプラズマリアクターはマイクロ波（ＭＷ）プラズマリアクターであり、マイクロ波、すなわち３００ＭＨｚから１０ＧＨｚの周波数の電磁放射をガスに印加することによって、電極を使用せずに、プラズマを生成する。ＭＷプラズマには、空洞誘起プラズマ（cavity induced plasmas）、自由膨張大気圧プラズマトーチ（free expanding atmospheric plasma torches）、電子サイクロトロン共鳴プラズマ（electron cyclotron resonance plasmas）、表面波放電（surface wave discharges）などの種類がある。

【０１２７】

20

ＭＷプラズマリアクター１０と炭素床２を有するチャンバ２０を含むガス変換のための装置１の或る実施形態の一例を図８に示す。プラズマリアクター１０は、典型的には、ガス入口１１、例えば図８に示すような軸線方向ガス入口を有する石英管１８を含む。石英管１８は、ＭＷ放射に対して透明であり、矩形導波管７０と交差している。マイクロ波プラズマリアクター１０に伝達されたマイクロ波電力は、石英管内でプラズマ６０を開始する。反応物質２を有する炭素床を含むチャンバ２０は、ＭＷプラズマリアクター１０と結合され、変換及び未変換の供給ガスは、石英管のガス出口１２からＭＷプラズマリアクターを出て、チャンバ２０に入る。ＭＷプラズマリアクターの動作中、サイロ３０は反応物質の連続的な供給を提供する。

【０１２８】

30

（大気圧グロー放電リアクター）

第３のタイプのプラズマリアクターは、いわゆる大気圧グロー放電（ＡＰＧＤ）リアクターである。基本的なＡＰＧＤリアクターを含むガス変換のための装置１を図９に概略的に示す。ＡＰＧＤリアクターは中心リアクター軸線Ｚに沿って延びるピン型カソード１６と、アノード１７を形成する穴のあいた軸板からなる。ＡＰＧＤは一般に石英管１８を含み、供給ガスはガス入口を介して軸線方向に入る。変換及び未変換ガスはガス出口１２を介して石英管１８から流出し、固体反応物質２を有する床を含むチャンバ２０に入る。ＡＰＧＤプラズマリアクターの動作中、サイロ３０は反応物質２の連続的な供給を提供する。

【０１２９】

40

（ガス変換のための方法）

本発明のさらなる態様によれば、ガス変換のための方法が提供される。実施形態において、この方法はＣＯ₂をＣＯに変換する方法であり、したがって、供給ガスはＣＯ₂を含み、生成ガスはＣＯを含む。

【０１３０】

本開示によるガス変換のための方法は、

- ・プラズマを生成するためのプラズマリアクター１０を準備するステップであって、プラズマリアクターは、供給ガスをプラズマリアクター１０に導入するように構成された１つ又は複数のガス入口１１と、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクター１０から排出するためのガス出口１２と、を含むものである、ステップと、

50

- ・固体反応物質（２）で充填可能なチャンバ２０を準備するステップと、
 - ・プラズマリアクター１０のガス出口１２を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流がチャンバの入口開口部を通してチャンバ内に受け入れられるように、チャンバ２０をプラズマリアクターに結合するステップと、
 - ・固体反応物質のストックをサイロ３０に貯蔵するステップと、
 - ・反応物質を供給するよう、サイロの底部開口部３１をチャンバ２０内の供給スリーブ２８に接続するための接続管４０を使用するステップと、
 - ・固体反応物質がサイロ３０からチャンバ２０へと接続管４０を通して重力によって又は少なくとも部分的に重力によって流れることができるように、チャンバ２０に対してサイロ３０及び接続管４０を位置決めするステップと、
 - ・チャンバ内に固体反応物質の固定床を形成するように、チャンバ３０を固体反応物質で満たすステップと、
 - ・プラズマリアクター１０に供給ガスを導入するステップと、
 - ・プラズマを形成するためにプラズマリアクターを動作させ、変換及び／又は未変換の供給ガスが固体反応物質の固定床と相互作用することができるように、チャンバ２０によって受容される変換及び未変換の供給ガスのガス流を生成するステップと、
 - ・プラズマリアクターの動作中に、チャンバ内の固体反応物質が消滅しつつある場合に、チャンバ３０を反応物質で満たされた状態に維持するように、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように、接続管４０を通じてチャンバと接続されたサイロ３０を維持するステップであって、サイロからチャンバへの反応物質の流れが、重力によって、又は少なくとも部分的に重力によって誘導されるステップと、
 - ・生成ガスをチャンバから排出するステップと、
- を備える。

10

20

30

40

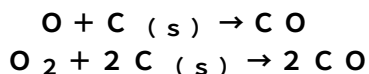
50

【０１３１】

CO₂をCOに変換するための実施形態において、供給ガスは少なくともCO₂を含み、固体反応物質は炭素であり、好ましくは上述したように、炭素ペレット又は炭素粒の形態である。

【０１３２】

CO₂をCOに変換するための実施形態では、プラズマリアクターが動作しているとき、チャンバによって受け取られる変換された供給ガスは、CO分子の他にO原子及び／又はO₂分子も含み、チャンバに受け取られたときのO原子及び／又はO₂分子は、以下の反応を通じて炭素床の固体炭素C（s）と反応する。



【０１３３】

このようにして、プラズマリアクターの動作中にサイロからチャンバに炭素反応物質の流れを供給することにより、O及び／又はO₂が連続的にCOに変換され、チャンバから抽出される最終生成ガスは本質的に酸素を含まず、最終生成ガスは本質的に純粋なCOとなる。これにより、生成ガスをその後処理し、例えばCOから酸素を除去するための大きな分離コストを回避することができる。

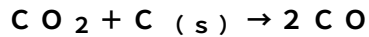
【０１３４】

抽出された生成ガス中の酸素濃度を時間の関数としてプロットしたものが図６である。実線Aは本開示によるガス変換のための装置、すなわち固定炭素床で満たされたチャンバを含み、点線Bは炭素床を含むチャンバを使用せずに得られたものである。炭素の固定床を有するチャンバを使用しない場合、プラズマの点火後、酸素濃度の強い上昇が直ちに観察され、図６の曲線Bで示されるように、３．５％までの濃度レベルに達する。対照的に、炭素の固定床を有するチャンバを含む本開示による装置を使用する場合、プラズマの点火後、最大値に達するまで酸素レベルのわずかな過渡的上昇のみが観察され、その後、固体炭素との反応による酸素レベルが低下する。図６の曲線Aで示されるように、本開示による装置及び方法では、生成物中の酸素濃度レベルは０．５％以下に保たれる。したがっ

て、これはこの例では酸素濃度が約 3.5% までのレベルに達する炭素床を有するチャンバ無しの従来技術の標準プラズマリアクターと比較すると強度の減少である。

【0135】

CO₂をCOに変換するための実施形態では、プラズマリアクターが動作中で未変換のCO₂ガスがチャンバ内に受け入れられると、CO₂ガスは逆ブードア反応によって炭素床と反応する。



【0136】

実際、プラズマリアクター10が動作しているとき、プラズマはプラズマリアクターのガス出口を通じて炭素床と接触し、したがって、炭素床はプラズマリアクターのタイプによっては3000°Kにもなるプラズマの高温の恩恵を受ける。この高温は少なくとも700°Kの温度を必要とする逆ブードア反応の発生を促進する。

【0137】

一般に、プラズマリアクターは主にプラズマチャンバの中心リアクター軸線に沿って延びるプラズマアフターグローも生成し、逆ブードア反応の発生に最適な温度条件をもたらすためにさらに貢献する。

【0138】

炭素反応物質中の不純物は、ガス変換に有害な影響を与えることが観察されている。例えば、不純物に起因する水素分子は、水分子の形成につながる可能性がある。

【0139】

したがって、実施形態において、ガス変換のための方法は、炭素から水素含有官能基及び／又は酸素含有官能基を除去するために炭素を前処理するステップ、すなわち炭素をサイロに貯蔵する前に炭素を前処理するステップをさらに含む。

【0140】

実施形態において、カーボンの前処理は、不活性ガスで満たされた炉に炭素を入れるステップを含む。

【0141】

図10は第3の実施形態と同様の、本開示の第4の実施形態を概略的に示す。第3の実施形態と異なる点は、消尽反応物質2を取り出すためのポート23が明示的に設けられている点である。ポート23はチャンバ20の下部又は最下部、例えば底部又は部分域(region)に配置される。必要に応じて、徐々に又は開位置と閉位置との間で開くことができる閉止部材又はゲートを含むことができる。さらに、固体反応物質の下流側、好ましくはメインガス搬送管50内の生成ガスの酸素濃度を測定するための酸素センサ3を含む。センサはガス温度が装置の動作中に冷却され、許容温度範囲内に収まるように、チャンバ20から十分に離れた位置に配置されなければならない。酸素センサ3は酸素レベル測定値を生成する。コントローラは少なくともこれらの測定値を使用して、サイロ30からチャンバ20への反応物質2の流れ、及びチャンバ20から抜き取り用のポート23を通じての消尽反応物質2の除去を、好ましくは、刺激手段33、混合手段241、ポート23、推進手段242のうちの1つを選択又は全てを制御することによって制御する。

【0142】

図11は第3の実施形態に対して第4の実施形態に追加された特徴の利点を示すデータを提供するグラフである。生成ガス中の酸素濃度(Y軸)の典型的な経時変化(X軸)を示している。酸素濃度が比較的安定して一定である一定期間の後、濃度が急速に増加し始めることを示している(点線で囲まれた領域)。これはチャンバ20内の反応物質2の活性部位の消尽及び／又は飽和によるものである。酸素濃度が高すぎると、ガス変換のための装置1の機能が危うくなる。コントローラと通信する酸素センサ3を使用することにより、制御装置は前述の刺激手段33及び／又は混合手段241及び／又はポート23及び／又は推進手段242を制御し、消尽反応物質をサイロ30から供給される新しい反応物質と交換することができる。その結果、反応物質の下流の生成ガス中の酸素濃度を制御することができる。

【0143】

図12及び図13は、本開示の実施形態の好ましい特徴を概略的に示している。

【0144】

図12は、チャンバ20がチャンバ20内で炭素粒子のような反応物質2を混合するために配置され適合された混合手段又は混合装置241を含む実施形態を概略的に示す。これらは全ての好ましい実施形態に適用することができる。混合装置はチャンバ20内に配置された少なくとも1つ又は複数の振動又は回転ピン241を含む。

【0145】

代案として、又はこれと組み合わせて、混合装置241はチャンバ内に配置されたスクリュー又はヘリカルスクリューコンベア241、242を含み、好ましくはチャンバの軸線に平行な長手方向軸を有する。このようなスクリュー又はヘリカルスクリューコンベアは、典型的には、図15のプロペラ手段242との関連で説明したようにプロペラ機能を有する。

【0146】

図13は、チャンバが好ましくはチャンバの長手方向軸線に対応する軸に沿って、回転可能な方法で取り付けられていることを示している。チャンバを回転させることにより、反応物を混合することができる。

【0147】

図14はすべての好ましい実施形態に適用できるサイロ30の好ましい実施形態を示し、サイロ30内に配置された1つ又は複数の振動又は回転ピンを含む刺激装置33を含む。1つ又は複数の振動又は回転ピン33は、例えば機械的又は電子的又は電磁氣的などの最新の駆動機構によって作動させることができる。

【0148】

図15は本開示の好ましい実施形態の構成要素を概略的に示しており、これは全ての好ましい実施形態に適用することができる。消尽反応物質2の抜き取りのためのポート23に向かって消尽反応物質2を推進するための手段又は装置242を設ける。推進手段242はチャンバ20内に配置されたスクリュー又はヘリカルスクリューコンベアを含む。いくつかの実施形態では、推進手段242は混合手段241に対応することができる。推進手段242及び混合手段241の機能は、好ましくはコントローラによって制御される。コントローラは、好ましくは反応物質2から下流のメインガス搬送管50に配置された酸素センサ3によって提供される少なくとも酸素濃度（酸素測定値）に基づいて、少なくとも混合用装置241及び／又は推進用装置242を制御する。

【0149】

要約すると、本開示によれば、例えば以下の条項が請求され得る。

〔第1項〕 ガス変換するための装置であって、a) プラズマを生成するためのプラズマリアクターを備え、プラズマリアクターは、供給ガスをプラズマリアクターに導入するように構成された1つ又は複数のガス入口、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクターから排出するためのガス出口を含むものである、該ガス変換するための装置において、装置は、さらに、b) プラズマリアクターに結合されたチャンバであり、チャンバは、固体反応物質の固定床を保持するため、及びプラズマリアクターのガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流を受容するために構成され、またチャンバは、さらに、固体反応物質の固定床を形成するように固体反応物質をチャンバに充填するための供給スリーブット、及びチャンバから生成ガスを抽出するための少なくとも1つのガス排気窓を含むものである、該チャンバと、c) 固体反応物質のストックを貯蔵するためのサイロであり、サイロは、サイロから固体反応物質を排出するための底部開口部を有する底部側を含むものである、該サイロと、並びにd) サイロの底部開口部とチャンバの供給スリーブットとを接続する接続管であり、装置が作動中で、チャンバ内で固体反応物質が消尽しつつあるとき、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導され、チャンバを固体反応物質で満たされた状態を維持し、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れは、重力によって又は少なくとも部分的に重力によって誘導される、該接

続管と、を備えることを特徴とする、装置。

〔第 2 項〕 第 1 項に記載の装置において、プラズマリアクターは、プラズマリアクターの少なくとも 1 つのガス出口を通る中心リアクター軸線 Z を含み、チャンバは、中心リアクター軸線に沿って第 1 端部から第 2 端部まで延びている、装置。

〔第 3 項〕 第 2 項に記載の装置において、チャンバの第 1 端部は、軸線方向入口開口部を含み、プラズマリアクターのガス出口は、チャンバの軸線方向入口開口部に面している、装置。

〔第 4 項〕 第 2 項又は第 3 項に記載の装置において、チャンバは、第 1 端部と第 2 端部との間に延在する少なくとも周壁を含み、供給スリーブットは、周壁を通じて行われ、好ましくは、周壁は、ステンレス鋼、銅、真鍮、石英のいずれかの物質又はそれらの組み合わせで作られている、装置。

10

〔第 5 項〕 第 4 項に記載の装置において、少なくとも 1 つのガス排気は、チャンバの周壁を通して行われる、又は代替的に、少なくとも 1 つのガス排気はチャンバの端部の軸線方向端壁を通して行われる、装置。

〔第 6 項〕 第 2 項～第 5 項のいずれか一項に記載の装置において、サイロはサイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、また中心サイロ軸線 S は中心リアクター軸線 Z に対して実質的に直交する、装置。

〔第 7 項〕 第 6 項に記載の装置において、接続管は、中心サイロ軸線 S に対して平行に配向された直管である、装置。

〔第 8 項〕 第 2 項～第 5 項のいずれか一項に記載の装置において、サイロは、サイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、中心サイロ軸線 S はプラズマリアクターの中心リアクター軸線 Z に対して実質的に平行である、装置。

20

〔第 9 項〕 第 8 項に記載の装置において、接続管は少なくとも 1 つの直管部分を含み、直管部分の中心軸線は、中心リアクター軸線 Z に対して $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ の間の角度で配向されている、装置。

〔第 10 項〕 第 1 項～第 5 項のいずれか一項に記載の装置において、サイロはサイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、サイロは中心サイロ軸線 S と重力軸線 (G) との間の角度 ϕ が、 $0^{\circ} \leq \phi \leq 45^{\circ}$ 、好ましくは $0^{\circ} \leq \phi \leq 30^{\circ}$ の範囲、より好ましくは $0^{\circ} \leq \phi \leq 10^{\circ}$ の範囲内にあるように配向されている、装置。

〔第 11 項〕 第 2 項～第 5 項のいずれか一項に記載の装置において、装置は動作時に中心リアクター軸線 Z が重力軸 G と実質的に直交するように構成されており、またサイロはサイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、中心サイロ軸線 S と中心リアクター軸線 Z との間の角度 β が、 $45^{\circ} \leq \beta \leq 90^{\circ}$ 、好ましくは $60^{\circ} \leq \beta \leq 90^{\circ}$ の範囲、より好ましくは $80^{\circ} \leq \beta \leq 90^{\circ}$ の範囲内にある、装置。

30

〔第 12 項〕 第 2 項～第 5 項のいずれか一項に記載の装置において、装置は動作時に中心リアクター軸線 Z が重力軸線 G に対して実質的に平行になるように構成されており、またサイロはサイロの底部側から上部側まで中心サイロ軸線 S に沿って延びており、中心サイロ軸線 S と中心リアクター軸線 Z の間の角度 β は $0^{\circ} \leq \beta \leq 45^{\circ}$ 、好ましくは $0^{\circ} \leq \beta \leq 30^{\circ}$ の範囲、より好ましくは $0^{\circ} \leq \beta \leq 10^{\circ}$ の範囲内である、装置。

〔第 13 項〕 第 1 項～第 12 項のいずれか一項に記載の装置において、チャンバは、チャンバ内の温度を測定するための熱電対を設置するように構成された 1 つ又は複数のポートを含む、装置。

40

〔第 14 項〕 第 1 項～第 13 項のいずれか一項に記載の装置であって、チャンバから抽出された生成ガスをさらに搬送するためのメインガス搬送管を備える、装置。

〔第 15 項〕 第 1 項～第 14 項のいずれか一項に記載の装置であって、固体反応物質がプラズマリアクターに入るのを避けるように構成されたメッシュを備える、装置。

〔第 16 項〕 第 1 項～第 15 項のいずれか一項に記載の装置において、サイロの周壁の一部は、円錐体、円柱体、直方体、錐台、角錐体、角柱体又はそれらの任意の組み合わせの任意の形状である、装置。

〔第 17 項〕 第 1 項～第 16 項のいずれか一項に記載の装置において、接続管は第 1

50

管端部から第2管端部まで延びており、第1管端部はサイロの底部開口部に結合され、また第2管端部はチャンバの供給スリーブットに結合されている、装置。

〔第18項〕 第1項～第17項のいずれか一項に記載の装置において、サイロは、サイロ内の固体反応物質の質量流を刺激するように構成された刺激装置を備えており、好ましくは、刺激装置が、回転機構、並進機構又は振動機構のいずれか、又はこれらの組み合わせである、装置。

〔第19項〕 第18項に記載の装置において、刺激装置はサイロ内に配置された1つ又は複数の振動又は回転ピンを含む、装置。

〔第20項〕 第1項～第19項のいずれか一項に記載の装置において、サイロは、真鍮、銅、鋼、ガラス、プラスチックのいずれかの物質又はそれらの組み合わせで作られている、装置。

10

〔第21項〕 第1項～第20項のいずれか一項に記載の装置において、プラズマリアクターは、少なくとも第1電極及び第1電極から電氣的に絶縁された第2電極を備え、第2電極を通して形成された壁開口部はプラズマチャンバのガス出口を形成しており、好ましくは、第1電極が高電圧カソードであり、また第2電極が接地アノードである、装置。

〔第22項〕 第1項～第21項のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、消尽炭素粒子のような消尽反応物質を抜き取るためのポートを好ましくはチャンバの下部又は底部に備え、好ましくはポートのための閉鎖手段又は部材を備える、装置。

〔第23項〕 第1項～第22項のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、酸素濃度を測定するためにメインガス搬送管内に配置された酸素センサと、及びサイロからチャンバへの固体反応物質の流れを制御するため、及びチャンバから消尽反応物質の除去を制御するためのコントローラとを含み、コントローラは、好ましくは、少なくともメインガス搬送管内の酸素濃度に基づいて、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ、及びチャンバからの消尽反応物質の除去を制御するように適合化されている、装置。

20

〔第24項〕 第23項に記載の装置において、コントローラは酸素濃度が所定の閾値より上になったときに、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合されている、装置。

〔第25項〕 第23項に記載の装置において、コントローラは酸素濃度を所定の範囲内又は所定の閾値以下に維持するために、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れ及びチャンバからの消尽反応物質の除去をトリガするように適合されている、装置。

30

〔第26項〕 第1項～第25項のいずれか一項に記載の装置において、チャンバはチャンバ内で反応物質を混合するプロセスを可能にするように構成されている、装置。

〔第27項〕 第26項に記載の装置において、チャンバは、チャンバ内で炭素粒子のような反応物質を混合するよう配置され、また適合化された混合手段又は混合装置を含む、装置。

〔第28項〕 第27項に記載の装置において、混合装置はチャンバ内に配置された少なくとも1つ又は複数の振動又は回転ピンを含む、装置。

〔第29項〕 第27項に記載の装置において、混合装置は、チャンバ内に配置されたスクリーコンベア又はヘリカルスクリーコンベアを含み、好ましくはチャンバの軸線に平行な長手方向軸を有する、装置。

40

〔第30項〕 第27項に記載の装置において、チャンバは回転可能に、好ましくはチャンバの長手方向軸線に対応する軸線に沿って取り付けられる、装置。

〔第31項〕 第26項～第30項のいずれか一項に記載の装置において、混合するプロセスは連続的である、装置。

〔第32項〕 第26項～第30項のいずれか一項に記載の装置において、混合するプロセスは所定の又は測定制御された混合タイムスケジュールに従っている、装置。

〔第33項〕 第22項～第32項のいずれか一項に記載の装置であって、さらに、チャンバ内の消尽反応物質を抜き取るためのポートに向かって反応物質を推進するための手段又は装置を備える、装置。

〔第34項〕 第33項に記載の装置において、推進するための手段はチャンバ内に配

50

置されたスクリー又はヘリカルスクリーコンベアを含む、装置。

〔第 35 項〕 ガス変換のための方法はであって、

プラズマを生成するためのプラズマリアクターを準備するステップであり、プラズマリアクターは、供給ガスをプラズマリアクターに導入するように構成された 1 つ又は複数のガス入口、並びに変換及び未変換の供給ガスのガス流をプラズマリアクターから排出するためのガス出口、を含むものである、ステップと、

固体反応物質で充填可能なチャンバを準備するステップと、

プラズマリアクターのガス出口を通して排気された変換及び未変換の供給ガスのガス流がチャンバの入口開口部を通してチャンバ内に受け入れられるように、チャンバをプラズマリアクターに結合するステップと、

固体反応物質のストックをサイロに貯蔵するステップと、

反応物質を供給するために、サイロの底部開口部とチャンバ内の供給スリーブットとを接続するための接続管を使用するステップと、

固体反応物質がサイロからチャンバへ接続管を通して重力によって又は少なくとも部分的に重力によって流れることができるように、チャンバに対してサイロ及び接続管を位置決めするステップと、

チャンバ内に固体反応物質の固定床を形成するように、チャンバを固体反応物質で満たすステップと、

プラズマリアクターに供給ガスを導入するステップと、

プラズマを形成するためにプラズマリアクターを動作させ、変換及び／又は未変換の供給ガスが固体反応物質の固定床と相互作用することができるように、チャンバによって受容される変換及び未変換の供給ガスのガス流を生成するステップと、

プラズマリアクターの動作中に、チャンバ内の固体反応物質が消尽しつつある場合に、チャンバを反応物質で満たした状態に維持するように、サイロからチャンバへの固体反応物質の流れが誘導されるように、接続管を通じてチャンバと接続されたサイロを維持するステップであり、サイロからチャンバへの反応物質の流れは重力によって、又は少なくとも部分的に重力によって誘導されるステップと、

生成ガスをチャンバから排出するステップと、
を備える、方法。

〔第 36 項〕 第 35 項に記載の方法において、反応物質は炭素であり、方法は、さらに、炭素をサイロに貯蔵する前に、炭素から水素含有及び／又は酸素含有官能基を除去するために炭素を前処理するステップを備え、好ましくは、前処理は炭素を不活性ガスで満たされた炉に入れるステップを備える、方法。

〔第 37 項〕 第 1 項～第 34 項のいずれか一項に記載の装置又は第 35 項若しくは第 36 項に記載の方法において、固体反応物質は、粉末物質、粒状物質、バルク物質、ペレット物質から選択される、装置又は方法。

〔第 38 項〕 第 1 項～第 34 項のいずれか一項に記載の装置又は第 35 項若しくは第 36 項に記載の方法において、固体反応物質は炭素、好ましくは炭素ペレット又は炭素粒の形態であり、供給ガスは少なくとも CO_2 を含み、チャンバから排気される生成ガスは少なくとも CO を含む、装置又は方法。

〔第 39 項〕 第 1 項～第 34 項のいずれか一項に記載の装置又は第 35 項～第 38 項に記載の方法において、プラズマリアクターは古典的グライディングアークプラズマリアクター、回転グライディングアークプラズマリアクター、渦安定化グライディングアークプラズマリアクター、二重渦プラズマリアクター、マイクロ波プラズマリアクター、誘導結合プラズマ (ICP) リアクター、容量結合プラズマ (CCP) リアクター又は大気圧グロー放電プラズマリアクターのいずれかである、装置又は方法。

〔第 40 項〕 第 1 項～第 34 項のいずれか一項に記載の装置又は第 35 項～第 38 項に記載の方法において、プラズマリアクターは動作時に、ガス温度は 1000°C 以上、好ましくは 1500°C 以上、より好ましくは 2000°C 以上であり、好ましくはガス温度が 5000°C よりも低いプラズマが生成されるように構

10

20

30

40

50

成されたウォームプラズマリアクターである、装置又は方法。

【符号の説明】

【0150】

- 1 ガス変換のための装置
- 2 固体反応物質
- 3 酸素センサ
- 10 プラズマリアクター
- 11 プラズマリアクターのガス入口
- 12 プラズマリアクターのガス出口
- 16 第1電極
- 17 第2電極
- 18 石英管
- 19 絶縁体
- 20 チャンバ
- 21 チャンバ周壁
- 22 チャンバの軸線方向入口開口部
- 23 反応物粒子を抜き取るためのポート
- 241 混合装置又は手段
- 242 推進装置又は手段
- 25 熱電対接地用ポート
- 27 ガス排気窓
- 28 供給スリーブット
- 29 メッシュ
- 30 サイロ
- 31 サイロの底部開口部
- 32 サイロの蓋
- 33 振動又は回転ピン
- 40 接続管
- 50 メインガス搬送管
- 60 プラズマ
- 61 アーク
- 70 導波管
- S 中心サイロ軸線
- Z 中心リアクター軸線

10

20

30

40

50

【 図 5 a 】

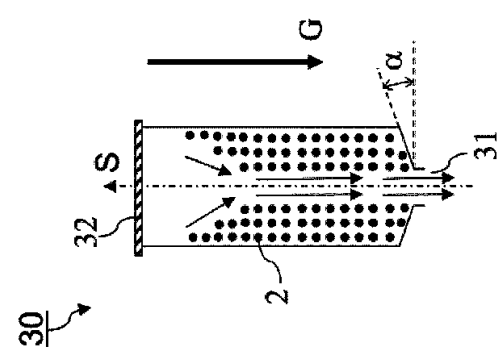


Fig. 5a

【 図 5 b 】

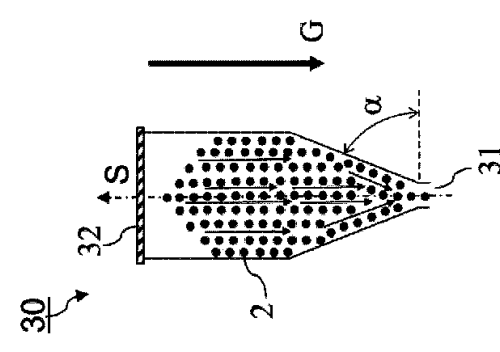
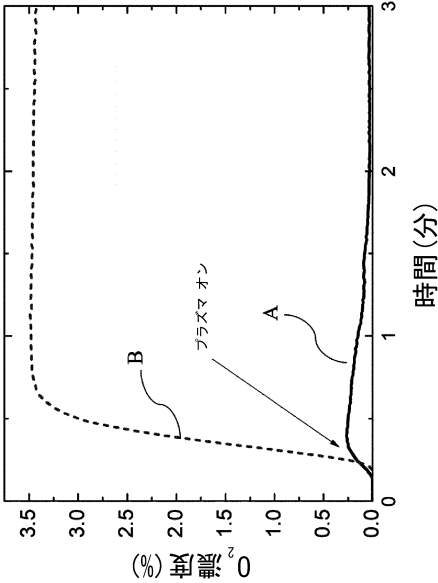


Fig. 5b

【 図 6 】



【 図 7 】

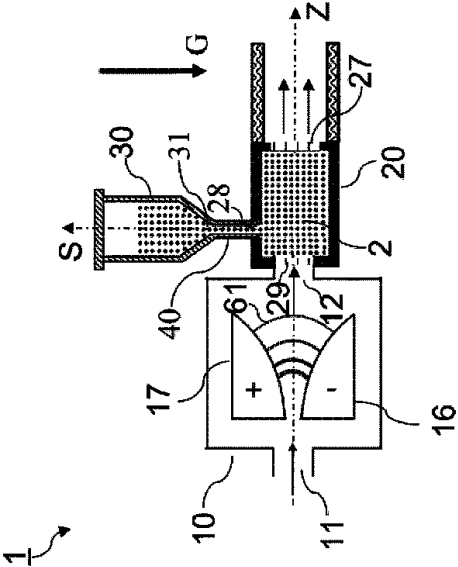


Fig. 7

10

20

30

40

50

【 図 8 】

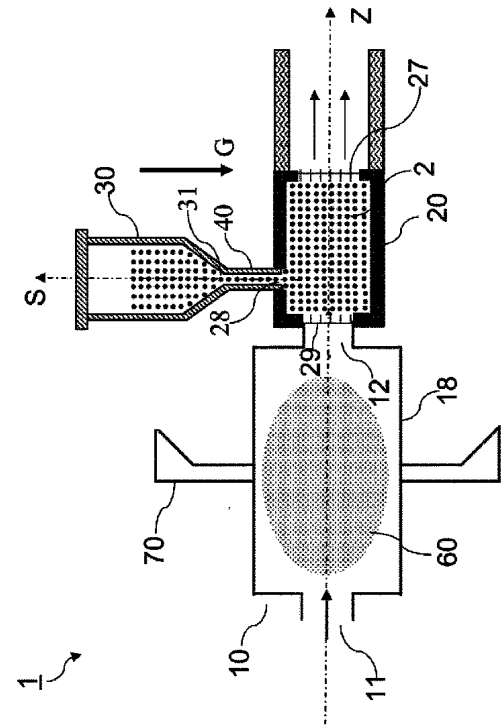


Fig. 8

【 図 9 】

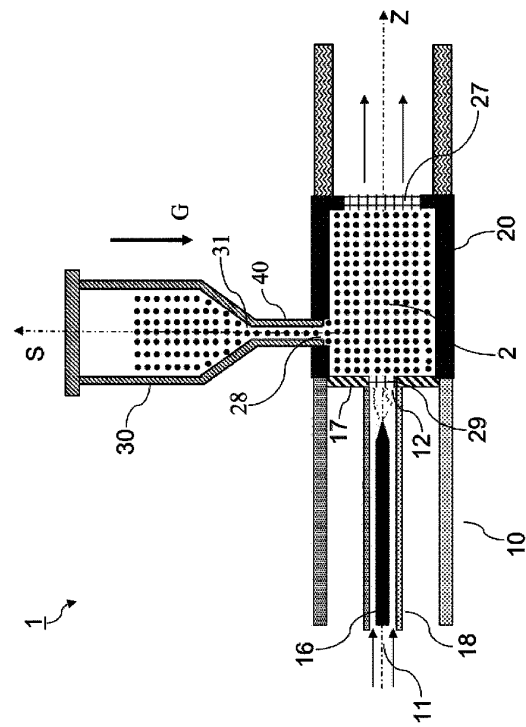


Fig. 9

【 図 10 】

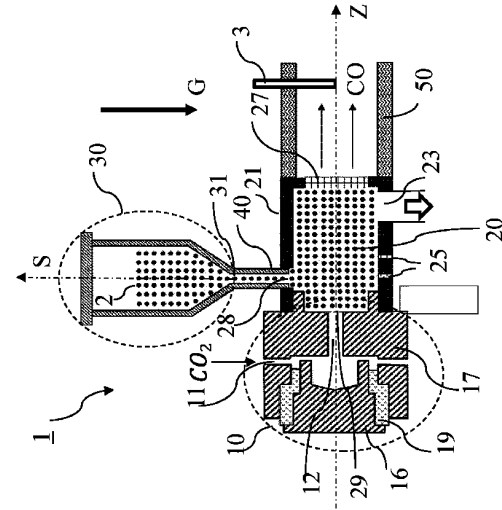
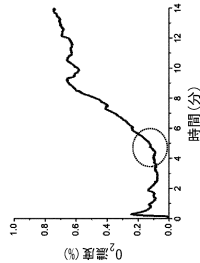


Fig. 10

【 図 11 】



10

20

30

40

50

【 図 1 2 】

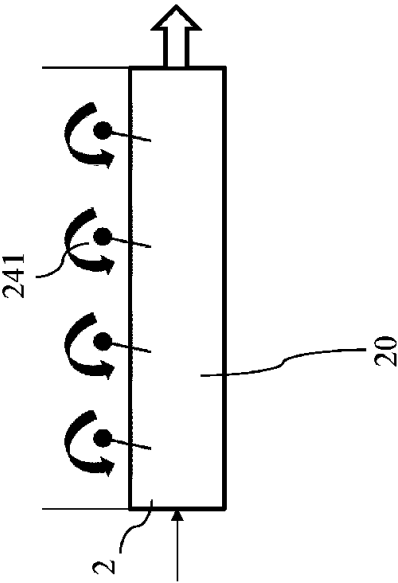


Fig. 12

【 図 1 3 】

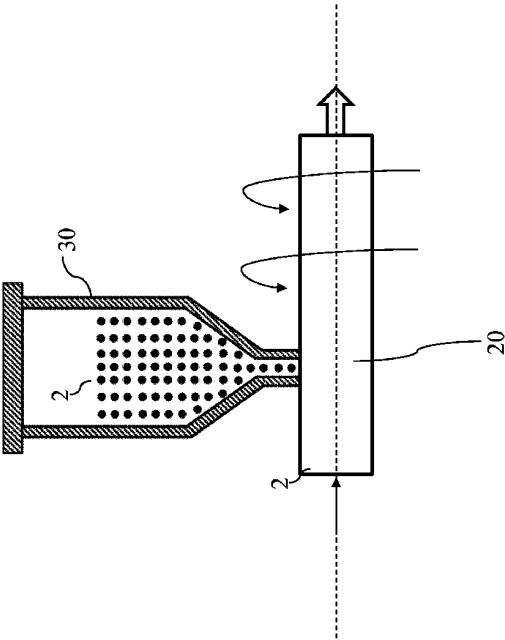


Fig. 13

【 図 1 4 】

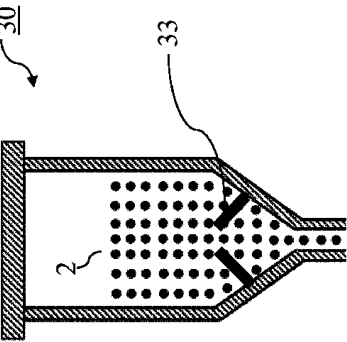


Fig. 14

【 図 1 5 】

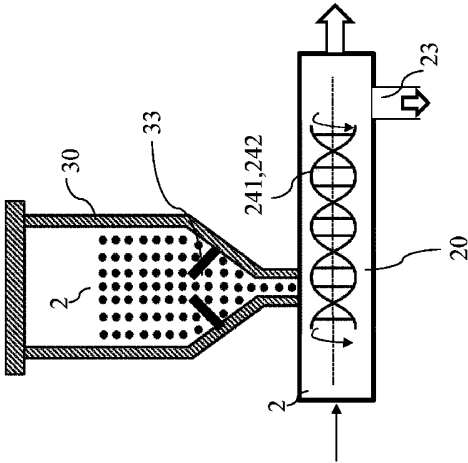


Fig. 15

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2022/079789

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B01J19/08 B01J8/00 B01J8/02 C10K1/00 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) B01J C10K		
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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	LI ZHIKAI ET AL: "Boudouard reaction driven by thermal plasma for efficient CO2 conversion and energy storage", JOURNAL OF ENERGY CHEMISTRY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 45, 18 October 2019 (2019-10-18), pages 128-134, XP086098808, ISSN: 2095-4956, DOI: 10.1016/J.JECH.2019.10.007 [retrieved on 2019-10-18]	1-18, 20-22, 26, 27, 30-40
A	paragraphs [02.1] - [03.1], [0004]; figures 1a, 1b ----- -/--	19, 23-25, 28, 29
☒ 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 application or patent 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 9 January 2023		Date of mailing of the international search report 08/02/2023
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 Serra, Renato

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2022/079789

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 3 480 522 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 8 May 2019 (2019-05-08) paragraphs [0003], [0004], [0046], [0049]; claims; figures 1, 2 -----	1-18, 20-22, 26, 27, 30-40
A	CN 109 663 555 A (UNIV ZHEJIANG) 23 April 2019 (2019-04-23) paragraphs [0034] - [0040]; claims; figures 1, 2 -----	1-40
A	WO 96/30322 A1 (DU PONT [US]) 3 October 1996 (1996-10-03) page 4, lines 14-31; claims; figures -----	1-40
A	US 8 690 975 B2 (TSANGARIS ANDREAS [CA]; BACON MARC [CA]; PLASCO ENERGY GROUP INC [CA]) 8 April 2014 (2014-04-08) claims; figures 14, 15 -----	1-40

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT					
Information on patent family members					
International application No PCT/EP2022/079789					
Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 3480522	A1	08-05-2019	EP	3480522 A1	08-05-2019
			FR	3073151 A1	10-05-2019

CN 109663555	A	23-04-2019	NONE		

WO 9630322	A1	03-10-1996	AU	5436096 A	16-10-1996
			CN	1179143 A	15-04-1998
			DE	69615011 T2	06-06-2002
			EP	0819109 A1	21-01-1998
			IN	187706 B	08-06-2002
			JP	4094055 B2	04-06-2008
			JP	H11504621 A	27-04-1999
			WO	9630322 A1	03-10-1996

US 8690975	B2	08-04-2014	BR	PI0822209 A2	24-09-2019
			CA	2716912 A1	04-09-2008
			CN	102057222 A	11-05-2011
			EA	201001377 A1	29-04-2011
			EP	2260241 A1	15-12-2010
			JP	5547659 B2	16-07-2014
			JP	2011513516 A	28-04-2011
			US	2011036014 A1	17-02-2011
			WO	2008104058 A1	04-09-2008

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,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,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,I
T,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,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,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. テフロン

ベルギー国 ベー 2 1 6 0 ウォンメルヘム ヴィーケンストラート 3 7

(72)発明者 ファニー ジラール サフン

ベルギー国 ベー 2 6 1 0 ヴィルレイク ヴォールヤールストラート 1 4

(72)発明者 ゲオルギ トレンチェフ

ベルギー国 ベー 2 6 6 0 アントウェルペン ジュール パウエルストラート 1 4 8

F ターム (参考) 2G084 AA18 CC02 CC03 CC08 CC12 CC13 CC14 CC15 CC16 CC21
CC23 CC34 DD45 FF18

4G075 AA05 AA62 AA63 BA06 BA08 BB05 BD14 CA47 DA01 DA18
EA02 EB21 EC21 ED02 ED03 ED15 FA03 FB02 FB06

4G146 JA01 JB04 JB05 JC02 JC18 JC34 JC37 JC39