

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4173664号  
(P4173664)

(45) 発行日 平成20年10月29日(2008.10.29)

(24) 登録日 平成20年8月22日(2008.8.22)

(51) Int. Cl.		F I			
BO1J	19/08	(2006.01)	BO1J	19/08	E
BO1J	3/00	(2006.01)	BO1J	3/00	J
H05H	1/24	(2006.01)	H05H	1/24	

請求項の数 69 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2001-583109 (P2001-583109)	(73) 特許権者	502405952
(86) (22) 出願日	平成13年5月7日(2001.5.7)		エソックス・リサーチ・アンド・デヴェロ ップメント・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2003-532537 (P2003-532537A)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・933 09・ベイカーフィールド・シルバーウッ ド・レーン・4512
(43) 公表日	平成15年11月5日(2003.11.5)	(74) 代理人	100064908
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/014791		弁理士 志賀 正武
(87) 国際公開番号	W02001/087021	(74) 代理人	100108578
(87) 国際公開日	平成13年11月15日(2001.11.15)		弁理士 高橋 詔男
審査請求日	平成17年6月17日(2005.6.17)	(74) 代理人	100089037
(31) 優先権主張番号	09/569,087		弁理士 渡邊 隆
(32) 優先日	平成12年5月10日(2000.5.10)	(74) 代理人	100101465
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 青山 正和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理装置であって、  
 プラズマを収容するための第1壁を備えた第1チャンバであるとともに、前記第1壁が内周面と出口とを有しているような、第1チャンバと；  
 前記第1壁に沿って配置されるとともに前記第1チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成された複数の流体供給口と；  
 を具備し、  
 前記冷却流体が、前記第1壁の前記内周面に沿って周方向にかつ前記出口に向かう向きに移動するように案内されるようになっており、  
 前記複数の流体供給口から放出された前記冷却流体が、前記第1壁の前記内周面を冷却するための冷却層を形成し、  
 前記第1チャンバが、この第1チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第1チャンバから前記冷却流体を導出し得るよう構成されていることを特徴とする装置。

【請求項2】

請求項1記載の装置において、  
 さらに、前記第1チャンバ内へとプラズマ原料を供給し得るよう構成されたプラズマ原料供給口を具備していることを特徴とする装置。

【請求項3】

請求項1記載の装置において、

さらに、前記冷却層内へと処理材料を供給し得るよう構成された処理材料供給口を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の装置において、  
前記第 1 チャンバが、上部と下部とを備え、  
前記出口が、前記下部に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の装置において、  
前記複数の流体供給口が、前記冷却流体が前記下部に向かう向きに移動し得るよう、構成されていることを特徴とする装置。

10

【請求項 6】

請求項 5 記載の装置において、  
前記上部が、上部内面を有し、  
前記下部が、下部内面を有し、  
前記出口が、前記下部内面に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、  
前記第 1 壁の前記内周面が、実質的に円形状とされていることを特徴とする装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の装置において、  
前記下部内面が、凹形状とされていることを特徴とする装置。

20

【請求項 9】

請求項 8 記載の装置において、  
前記下部内面が、アーチ形とされていることを特徴とする装置。

【請求項 10】

請求項 1 記載の装置において、  
さらに、前記複数の流体供給口の少なくともいくつかを規定する複数の流体供給コンジットを具備していることを特徴とする装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、  
前記複数の流体供給コンジットが、前記第 1 壁内に配置されていることを特徴とする装置。

30

【請求項 12】

請求項 10 記載の装置において、  
前記複数の流体供給コンジットが、前記第 1 壁の前記内周面に沿って周方向にかつ前記出口に向かう向きに前記冷却流体を案内するような、向きとされていることを特徴とする装置。

【請求項 13】

請求項 12 記載の装置において、  
さらに、前記冷却層よりも径方向内方へと向けて前記プラズマ原料を前記第 1 チャンバ内に供給するような向きとされたプラズマ原料供給コンジットを具備していることを特徴とする装置。

40

【請求項 14】

請求項 12 記載の装置において、  
さらに、前記冷却層内へと前記処理材料を供給するような向きとされた処理材料供給コンジットを具備していることを特徴とする装置。

【請求項 15】

請求項 1 記載の装置において、  
前記出口が、導出ダクト内周面を有した導出ダクトを備えていることを特徴とする装置。

【請求項 16】

50

請求項 1 5 記載の装置において、  
さらに、前記導出ダクト内周面に沿って周方向に移動するような圧力制御流体流をもたらすように構成された複数の圧力制御流体供給口を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載の装置において、  
前記複数の圧力制御流体供給口が、前記圧力制御流体流が径方向内方に延在するように構成されていることを特徴とする装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 記載の装置において、  
前記複数の圧力制御流体供給口が、前記圧力制御流体流が前記第 1 チャンバに向かう向きに移動するように構成されていることを特徴とする装置。

10

【請求項 1 9】

請求項 1 6 記載の装置において、  
前記複数の圧力制御流体供給口が、前記圧力制御流体流が前記第 1 チャンバから遠ざかる向きに移動するように構成されていることを特徴とする装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 記載の装置において、  
さらに、第 2 壁を備えた第 2 チャンバを具備し、  
前記第 1 チャンバが、前記第 2 チャンバの内部に配置されていることを特徴とする装置。

20

【請求項 2 1】

請求項 2 0 記載の装置において、  
前記複数の流体供給口が、前記第 2 チャンバに対して流体連通していることを特徴とする装置。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載の装置において、  
さらに、前記複数の流体供給口の少なくともいくつかを規定する複数の流体供給コンジットを具備し、  
該複数の流体供給コンジットが、前記第 1 チャンバを前記第 2 チャンバに対して流体連通させ得るよう、前記第 1 壁を貫通して延在していることを特徴とする装置。

30

【請求項 2 3】

請求項 2 2 記載の装置において、  
さらに、前記第 2 チャンバ内へと冷却流体を供給するために前記第 2 壁内に配置された冷却流体入口を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 2 4】

請求項 1 記載の装置において、  
さらに、前記複数の流体供給口に対して前記冷却流体を供給するための冷却流体供給源を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 記載の装置において、  
前記冷却流体が、気体材料を有していることを特徴とする装置。

40

【請求項 2 6】

請求項 2 4 記載の装置において、  
前記冷却流体が、液体材料を有していることを特徴とする装置。

【請求項 2 7】

請求項 2 4 記載の装置において、  
前記冷却流体が、固体材料を有していることを特徴とする装置。

【請求項 2 8】

請求項 1 記載の装置において、  
さらに、前記第 1 チャンバの内部からの電磁放射を前記第 1 壁の前記内周面から遠ざから

50

せるように作用するために、前記第 1 壁に配置された放射作用材料を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 29】

請求項 28 記載の装置において、  
前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバから遠ざかる向きとするように、  
前記電磁放射に対して作用することを特徴とする装置。

【請求項 30】

請求項 28 記載の装置において、  
前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバに向かう向きとするように、前記  
電磁放射に対して作用することを特徴とする装置。

10

【請求項 31】

請求項 28 記載の装置において、  
前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバから遠ざかる向きおよび前記第 1  
チャンバに向かう向きとするように、前記電磁放射に対して作用することを特徴とする装  
置。

【請求項 32】

請求項 28 記載の装置において、  
前記放射作用材料が、紫外領域の波長を有した電磁放射を吸収するとともに、吸収した電  
磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するような材料を有していることを  
特徴とする装置。

20

【請求項 33】

請求項 32 記載の装置において、  
前記第 1 壁が、赤外範囲の波長を有した電磁放射に対して透明であるような材料を有して  
いることを特徴とする装置。

【請求項 34】

プラズマ処理装置であって、  
第 1 壁を備えた第 1 チャンバであるとともに、前記第 1 壁が内周面と出口とを有している  
ような、第 1 チャンバと；  
前記第 1 チャンバ内に配置されたプラズマと；  
前記第 1 壁の前記内周面に沿って配置されるとともに前記第 1 チャンバ内へと冷却流体を  
供給し得るよう構成された複数の流体供給口と；  
を具備し、  
前記冷却流体が、前記第 1 壁の前記内周面に沿って周方向にかつ前記出口に向かう向きに  
移動するように案内されるようになっており、  
前記複数の流体供給口から放出された前記冷却流体が、前記第 1 壁の前記内周面を冷却す  
るための冷却層を形成し、  
前記第 1 チャンバが、この第 1 チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第 1 チ  
ャンバから前記冷却流体を導出し得るよう構成されていることを特徴とする装置。

30

【請求項 35】

請求項 34 記載の装置において、  
前記プラズマが、紫外領域の波長を有した電磁放射を放出することを特徴とする装置。

40

【請求項 36】

請求項 35 記載の装置において、  
さらに、前記第 1 チャンバの内部からの電磁放射を前記第 1 壁の前記内周面から遠ざから  
せるように作用するために、前記第 1 壁に配置された放射作用材料を具備していることを  
特徴とする装置。

【請求項 37】

請求項 36 記載の装置において、  
前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバから遠ざかる向きとするように、  
前記電磁放射に対して作用することを特徴とする装置。

50

## 【請求項 38】

請求項 36 記載の装置において、前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバに向かう向きとするように、前記電磁放射に対して作用することを特徴とする装置。

## 【請求項 39】

請求項 36 記載の装置において、前記放射作用材料が、前記電磁放射を前記第 1 チャンバから遠ざかる向きおよび前記第 1 チャンバに向かう向きとするように、前記電磁放射に対して作用することを特徴とする装置。

## 【請求項 40】

10

請求項 36 記載の装置において、前記放射作用材料が、紫外領域の波長を有した電磁放射を吸収するとともに、吸収した電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するような材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 41】

請求項 40 記載の装置において、前記第 1 壁が、赤外範囲の波長を有した電磁放射に対して透明であるような材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 42】

20

請求項 34 記載の装置において、さらに、前記複数の流体供給口に対して前記冷却流体を供給するための冷却流体供給源を具備していることを特徴とする装置。

## 【請求項 43】

請求項 42 記載の装置において、前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答して相変化を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 44】

請求項 43 記載の装置において、前記冷却流体が、液体材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 45】

30

請求項 43 記載の装置において、前記冷却流体が、固体材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 46】

請求項 42 記載の装置において、前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答して分解を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 47】

請求項 46 記載の装置において、前記冷却流体が、気体材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 48】

40

請求項 46 記載の装置において、前記冷却流体が、液体材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 49】

請求項 46 記載の装置において、前記冷却流体が、固体材料を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 50】

請求項 42 記載の装置において、前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答してイオン化を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

## 【請求項 51】

50

請求項 5 0 記載の装置において、  
前記冷却流体が、気体材料を有していることを特徴とする装置。

【請求項 5 2】

請求項 5 0 記載の装置において、  
前記冷却流体が、液体材料を有していることを特徴とする装置。

【請求項 5 3】

請求項 5 0 記載の装置において、  
前記冷却流体が、固体材料を有していることを特徴とする装置。

【請求項 5 4】

プラズマ処理装置であって、  
プラズマを収容するための第 1 壁を備えた第 1 チャンバであるとともに、前記第 1 壁が内周面と出口とを有しているような、第 1 チャンバと；  
前記第 1 壁に沿って配置されるとともに前記第 1 チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成された複数の流体供給口であるとともに、前記冷却流体が前記第 1 壁の前記内周面を冷却するための冷却層を形成するようになっているような、複数の流体供給口と；  
前記第 1 壁の前記内周面上に配置されるとともに、紫外領域の波長を有した電磁放射を吸収し、さらに、吸収した電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するような、放射変換材料と；  
を具備していることを特徴とする装置。

10

【請求項 5 5】

プラズマ処理装置であって、  
第 1 壁を備えた第 1 チャンバであるとともに、前記第 1 壁が内周面と出口とを有しているような、第 1 チャンバと；  
前記第 1 チャンバ内に配置されたプラズマと；  
前記第 1 壁に沿って配置されるとともに前記第 1 チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成された複数の流体供給口であるとともに、前記冷却流体が前記第 1 壁の前記内周面を冷却するための冷却層を形成するようになっているような、複数の流体供給口と；  
前記複数の流体供給口に対して前記冷却流体を供給するための冷却流体供給源と；  
を具備し、

20

前記第 1 チャンバが、この第 1 チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第 1 チャンバから前記冷却流体を導出し得るよう構成され、  
前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答して相変化を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

30

【請求項 5 6】

プラズマ処理装置であって、  
第 1 壁を備えた第 1 チャンバであるとともに、前記第 1 壁が内周面と出口とを有しているような、第 1 チャンバと；  
前記第 1 チャンバ内に配置されたプラズマと；  
前記第 1 壁に沿って配置されるとともに前記第 1 チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成された複数の流体供給口であるとともに、前記冷却流体が前記第 1 壁の前記内周面を冷却するための冷却層を形成するようになっているような、複数の流体供給口と；  
前記複数の流体供給口に対して前記冷却流体を供給するための冷却流体供給源と；  
を具備し、  
前記第 1 チャンバが、この第 1 チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第 1 チャンバから前記冷却流体を導出し得るよう構成され、  
前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答して分解を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

40

【請求項 5 7】

プラズマ処理装置であって、  
第 1 壁を備えた第 1 チャンバであるとともに、前記第 1 壁が内周面と出口とを有している

50

ような、第 1 チャンバと；

前記第 1 チャンバ内に配置されたプラズマと；

前記第 1 壁に沿って配置されるとともに前記第 1 チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成された複数の流体供給口であるとともに、前記冷却流体が前記第 1 壁の前記内周面を冷却するための冷却層を形成するようになっているような、複数の流体供給口と；

前記複数の流体供給口に対して前記冷却流体を供給するための冷却流体供給源と；

を具備し、

前記第 1 チャンバが、この第 1 チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第 1 チャンバから前記冷却流体を導出し得るように構成され、

前記冷却流体が、前記冷却層内の温度に応答してイオン化を受けるような構造物を有していることを特徴とする装置。

10

【請求項 58】

プラズマ処理を制御するための方法であって、

内周面と出口とを有している第 1 壁を備えたチャンバ内に、プラズマを配置し；

前記第 1 壁の前記内周面に沿って周方向にかつ前記出口に向かう向きに冷却流体を流通させ；

このような冷却流体の流通によって前記プラズマと前記第 1 壁の前記内周面との間に冷却層を形成し；

前記チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、前記出口から前記冷却流体を導出する；

20

ことを特徴とする方法。

【請求項 59】

請求項 58 記載の方法において、

前記チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ前記出口から前記冷却流体を導出する前記ステップにおいては、前記出口を通して前記冷却流体と一緒に前記プラズマが流出してしまうことを阻止することを特徴とする方法。

【請求項 60】

プラズマ処理を制御するための方法であって、

内周面と出口とを有している第 1 壁を備えたチャンバ内に、プラズマを配置し；

紫外領域の波長を有した放射を前記プラズマから放射させ；

前記第 1 壁上において、紫外領域の波長を有して前記プラズマから放射された前記電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換する；

30

ことを特徴とする方法。

【請求項 61】

プラズマ処理を制御するための方法であって、

内周面と出口とを有している第 1 壁を備えたチャンバ内に、プラズマを配置し；

冷却流体によって前記プラズマと前記第 1 壁の前記内周面との間に冷却層を形成し；

前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に応答して相変化を受けるような材料を導入し；

前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出しつつも、前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容する；

40

ことを特徴とする方法。

【請求項 62】

プラズマ処理を制御するための方法であって、

内周面と出口とを有している第 1 壁を備えたチャンバ内に、プラズマを配置し；

冷却流体によって前記プラズマと前記第 1 壁の前記内周面との間に冷却層を形成し；

前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に応答して分解を受けるような材料を導入し；

前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出しつつも、前記出口を通して前記チャンバから前記プラズマが流出してしまうことを実質的に防止する；

ことを特徴とする方法。

【請求項 63】

50

プラズマ処理を制御するための方法であって、  
内周面と出口とを有している第1壁を備えたチャンバ内に、プラズマを配置し；  
冷却流体によって前記プラズマと前記第1壁の前記内周面との間に冷却層を形成し；  
前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に应答してイオン化を受けるような材料を導入し；  
前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出しつつも、前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容する；  
ことを特徴とする方法。

【請求項64】

プラズマ処理を制御するための装置であって、  
内周面と出口とを有している第1壁を備えたチャンバと；  
前記チャンバ内に配置されたプラズマと；  
冷却流体によって前記プラズマと前記第1壁の前記内周面との間に冷却層を形成するための手段と；  
前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容しつつ、前記出口を通して前記冷却流体を導出し得る手段と；  
を具備していることを特徴とする装置。

10

【請求項65】

プラズマ処理を制御するための装置であって、  
内周面と出口とを有している第1壁を備えたチャンバと；  
前記チャンバ内に配置されたプラズマであるとともに、紫外領域の波長を有した電磁放射を放射するプラズマと；  
前記第1壁上に配置されるとともに、紫外領域の波長を有して前記プラズマから放射された前記電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するような、放射変換材料と；  
を具備していることを特徴とする装置。

20

【請求項66】

プラズマ処理を制御するための装置であって、  
内周面と出口とを有している第1壁を備えたチャンバと；  
前記チャンバ内に配置されたプラズマと；  
冷却流体によって前記プラズマと前記第1壁の前記内周面との間に冷却層を形成するための手段と；  
前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に应答して相変化を受けるような材料を導入するための手段と；  
前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容しつつ、前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出し得る手段と；  
を具備していることを特徴とする装置。

30

【請求項67】

プラズマ処理を制御するための装置であって、  
内周面と出口とを有している第1壁を備えたチャンバと；  
前記チャンバ内に配置されたプラズマと；  
冷却流体によって前記プラズマと前記第1壁の前記内周面との間に冷却層を形成するための手段と；  
前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に应答して分解を受けるような材料を導入するための手段と；  
前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容しつつ、前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出し得る手段と；  
を具備していることを特徴とする装置。

40

【請求項68】

プラズマ処理を制御するための装置であって、

50

内周面と出口とを有している第 1 壁を備えたチャンバと；  
 前記チャンバ内に配置されたプラズマと；  
 冷却流体によって前記プラズマと前記第 1 壁の前記内周面との間に冷却層を形成するための手段と；  
 前記冷却層内へと、この冷却層内の温度に应答してイオン化を受けるような材料を導入するための手段と；  
 前記チャンバ内に前記プラズマを実質的に収容しつつ、前記出口を通して前記チャンバから前記冷却流体を導出し得る手段と；  
 を具備していることを特徴とする装置。

【請求項 69】

プラズマ処理を制御するための方法であって、  
 冷却流体によってプラズマと第 1 壁の内周面との間に冷却層を形成し；  
 出口を通しての前記プラズマの流出を実質的に防止しつつ、前記出口を通して前記冷却流体を導出する；  
 ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、材料の処理のためにまた他の工業的応用のためにプラズマ（非常に高温のイオン化したガス）を使用するデバイスに関するものであり、より詳細には、プラズマを収容するために使用されているチャンバとチャンバ壁とを冷却するための方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

チャンバ内に閉じ込められたプラズマは、多くの工業的応用において材料を処理するために使用される。例えば、毒性廃棄物を、プラズマによって処理することにより、その毒性廃棄物を、無害な材料へと変換することができる。しかしながら、ある種の廃棄物は、無毒の材料へと確信を持って分解するに際して、2,760（5,000°F）を超えるというような非常に高温を必要とする。このため、そのような高温プラズマを収容するチャンバを構成するために使用する材料を注意深く選択する必要があり、および/または、チャンバの冷却方法に注意深く配慮する必要がある。用途によっては、プラズマは、チャンバの内周面に接触することができる（あるいは、接触を防止することができない）。そのため、チャンバ内周面の侵食や腐食が引き起こされ、プラズマに対して不純物が放出されてしまう。このような場合、侵食度合いや腐食度合いが所定限界値を超えた時点で、チャンバが交換される。しかしながら、非常に高温の応用においては、プラズマによって生成された熱は、チャンバを非常に迅速に破壊し得るに十分なものであり、そのため、チャンバの単なる交換というのは、信頼ある手段とはならない。したがって、チャンバを冷却するための適切な方法が、創出されなければならない。

【0003】

磁気流体（magnetohydrodynamic, MHD）システムにおいては、プラズマは、磁界が存在しているダクトを通過し、電流を生成する。そのようなシステムにおいては、ダクト壁を多孔性材料から形成し、多孔性ダクト壁を通してガスを流通させることによって、プラズマとダクト壁の内周面との間に保護層を形成することが、知られている。保護層を使用することによって、電極や電気伝導性壁セグメントや電気絶縁性壁セグメントを、侵食や腐食や蒸発や他の劣化から保護することができる。保護層は、ダクトを通して、プラズマと一緒に流通する。よって、ダクト壁とプラズマとの間の接触防止に寄与する。この手法は、比較的低温のプラズマ流通システムにおいては有効ではあるけれども、非常に高温のプラズマを使用するシステムにおいては、あまり有効ではない。特に、チャンバ内にプラズマを閉じ込める必要があるシステムにおいては、有効ではない。加えて、MHD発電機の壁や電極の近傍においてプラズマを冷却すると、発電機効率が落ちてしまう。非常に高温

10

20

30

40

50

のプラズマを使用するいくつかのシステムにおいては、放射（例えば、X線、紫外線、赤外線、等）が、プラズマから放射されることがある。そのような放射は、ダクトやチャンバの内周面において吸収されたり、あるいは、ダクトやチャンバの内周面によって部分的に反射されたり、する。場合によっては、ダクトやチャンバが過熱されてしまったり、また、放射によってチャンバ壁の蒸発が引き起こされてしまったり、する。また、そのようなプラズマ流通システムにおいては、ダクトやチャンバからの保護層と一緒に、プラズマが流通する必要がある。

#### 【0004】

いくつかの低圧プラズマシステム（ $10^{-6}$  atmにほぼ等しいような圧力P）においては、チャンバ内にプラズマを閉じ込めるために磁界を使用する。このようなシステムにおいてもなお、プラズマは、チャンバ内においてよるめいたりランダムに動き回ったりする傾向があり、磁界の擾乱や回転プラズマの乱流化のために、チャンバ壁に向けて移動する傾向がある。磁界およびエネルギー密度のコンピュータ制御は、プラズマ内のよるめきの抑制に寄与する。しかしながら、プラズマのパワーレベルやエネルギー密度が大きくなった場合には、乱流化やプラズマ変動が大きくなってしまい、磁界のコンピュータ制御が困難となって、プラズマが、チャンバ壁に触れてしまうこととなる。プラズマがチャンバ壁に触れたときには、チャンバ壁の一部が蒸発し、プラズマが壁から遠ざかることとなる。当然のことながら、そのような蒸発は、時に、チャンバの交換を余儀なくする。そのような磁界手法は、チャンバ壁の劣化速度が比較的遅いような低エネルギー密度プラズマにおいては良好に機能するけれども、高エネルギー密度プラズマシステムにおいてプラズマと壁とが接触してしまうと、チャンネルがすぐに破壊されてしまいかねない。

#### 【0005】

プラズマトーチにおいては、細いプラズマアークが、ノズルを流通する。ノズルから噴出するプラズマアークを使用することによって、例えば金属シートといったような材料をカットすることができる。カット操作時には、高温溶融廃棄物すなわち金属蒸気廃棄物が、ノズル上に衝突することがあり、プラズマアークの偏向を引き起こしたり、あるいは、金属に対する直接的短絡を引き起こしたりしかねない。プラズマアークが、ノズルの内壁に接触したときには、ノズルオリフィスを形成している表面の劣化が起こり、貫通速度が落ちてしまい、金属の仕上がり表面の粗度が増大してしまって、ノズルが、必要以上に早く故障してしまうこととなる。プラズマアークの安定化に寄与するために使用される1つの手法は、保護層をなすガスを、ノズルの内表面に沿って回転渦流パターンでもって流通させることである。渦流は、圧力閉込をもたらすことによって、またこれと同時に、プラズマジェットに対していくらかの回転を引き起こすことによって、プラズマの閉込と安定化とを補助する。冷たい保護層は、プラズマアークとノズル側面との間の接触防止に寄与する。しかしながら、MHDシステムにおける保護層の使用の場合と同様に、この手法においては、プラズマを、保護層と一緒に噴出させる必要がある。

#### 【0006】

プラズマとチャンバ壁との間において保護層を使用するプラズマシステムにおいてさえも、非常に高温のプラズマを使用する場合には、ダクト壁やの壁を十分に保護することはできない。プラズマトーチにおいて高温プラズマに適合するための1つの公知手法は、例えば水といったような液体を使用することによって、保護層を形成することである。水は、ノズル内へと導入されたときには、液体状態から気体状態へと相変化を受ける。この相変化は、ガスだけによって形成された保護層を使用した場合に通常的に可能な熱量よりも、ずっと多くの熱量を吸収する。よって、より良好な冷却をもたらす。しかしながら、上述したように、プラズマトーチにおいて使用される手法においては、プラズマを、保護層と一緒に噴出させる必要がある。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、プラズマとチャンバとの間に保護層が形成されているようなプラズマ処理システムに関するものであって、プラズマをチャンバから流出させてしまうことなく、保護層

10

20

30

40

50

をなす材料を、チャンバから導出することができる。本発明のある実施形態においては、プラズマ処理装置は、第1壁を備えた第1チャンバを具備し、第1壁は、内周面と出口とを有している。複数の流体供給口が、第1壁に沿って配置されているとともに、第1チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成されている。冷却流体は、第1壁の内周面に沿って周方向にかつ出口に向かう向きに移動する。複数の流体供給口から放出された冷却流体は、第1壁の内周面を冷却するための冷却層を形成し、第1チャンバは、第1チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第1チャンバから冷却流体を導出し得るよう構成されている。

#### 【0008】

本発明の他の実施形態においては、プラズマ処理装置は、第1壁を備えた第1チャンバを具備し、第1壁は、内周面と出口とを有している。プラズマは、第1チャンバ内に配置されている。この場合、プラズマは、電磁放射を放射する。複数の流体供給口が、第1壁に沿って配置されているとともに、第1チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成され、これにより、第1壁の内周面を冷却するための冷却層が形成されている。第1チャンバは、第1チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第1チャンバから冷却流体を導出し得るよう構成されている。第1チャンバの内部からの電磁放射を、第1壁の内周面から遠ざからせるように作用するために、第1壁には、放射作用材料が配置されている。放射作用材料は、電磁放射を第1チャンバから遠ざかる向きとするようにおよび/または電磁放射を第1チャンバに向かう向きとするように、電磁放射に対して作用することができる。プラズマが、紫外領域の波長を有した電磁放射を放射している場合には、放射変換材料は、紫外領域の波長を有した電磁放射を吸収するとともに、吸収した電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するようなタイプの材料とすることができる。放射変換材料が、変換した放射をすべての方位に放出するタイプの材料である場合には、第1壁を、赤外範囲の波長を有した電磁放射に対して透明な材料を備えたものとすることによって、赤外放射が第1壁を透過することとなり、第1壁の加熱を防止することができる。一方、プラズマへと向けて戻る赤外放射は、プラズマの無用の温度低下を防止することに寄与する。

#### 【0009】

本発明の他の実施形態においては、プラズマ処理装置は、第1壁を備えた第1チャンバを具備し、第1壁は、内周面と出口とを有している。プラズマは、第1チャンバ内に配置されている。複数の流体供給口が、第1壁に沿って配置されているとともに、第1チャンバ内へと冷却流体を供給し得るよう構成され、これにより、第1壁の内周面を冷却するための冷却層が形成されている。第1チャンバは、第1チャンバ内にプラズマを実質的に収容しつつ、この第1チャンバから冷却流体を導出し得るよう構成されている。冷却流体供給源が、複数の流体供給口に対して冷却流体を供給し、この場合、冷却流体は、冷却層内の温度に応答して相変化を受けるような構造物を有しており、さらなる冷却能力をもたらすことができる。より高温の応用においては、冷却流体は、分解および/またはイオン化を受けるような構造物を有することができ、より一層大きな冷却能力をもたらすことができる。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

図1は、本発明によるプラズマ処理装置(10)の特別の実施形態を示す断面図であり、図2は、図1におけるII-II線に沿った矢視断面図である。これらの図に示すように、プラズマ処理装置(10)は、内側プラズマ材料処理チャンバ(14)と、このプラズマ材料処理チャンバ(14)の下部に配置された導出ダクト(16)と、外側冷却流体分配チャンバ(18)と、限定するものではないが例えばイオン化水素や他のプラズマ原料といったような原料(24)を、プラズマ原料供給ダクト(25)を通してプラズマ材料処理チャンバ(14)の上部内へと供給するプラズマ原料供給源(22)と、例えば廃棄物やPCPやTCE等といったような処理材料(28)を、処理材料供給ダクト(29)を通してプラズマ材料処理チャンバ(14)の上部内へと供給する処理材料供給源(26)と

10

20

30

40

50

、例えばガスや液体や固体粉末や液体内に浮遊させた固体等といったような冷却流体（３２）を、冷却流体供給ダクト（３３）を通して冷却流体分配チャンバ（１８）の上部内へと供給する冷却流体供給源（３０）と、圧力制御流体（３８）を、圧力制御流体供給ダクト（３９）を通して導出ダクト（１６）内へと供給する圧力制御流体供給源（３６）と、を具備している。応用に応じて、冷却流体供給源（３０）と圧力制御流体供給源（３６）とは、単一の流体供給源とすることができる。

#### 【００１１】

プラズマ材料処理チャンバ（１４）は、プラズマ（２０）によって生成された熱を使用することによって、材料（２８）を処理するために使用される。プラズマ材料処理チャンバ（１４）の形状は、応用に応じて、球形や楕円形やドーナツ形とすることができる。プラズマ（２０）は、燃焼やレーザー加熱や大電流やあるいは他の公知の補助的加熱方法を使用することによって、原料（２４）をイオン化する（電離する）ことにより形成することができる。プラズマ材料処理チャンバ（１４）は、プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）を備えており、この壁（４０）は、凹状アーチ形上部内面（４３）と、中間内周面（４５）と、凹状アーチ形下部内面（４６）と、を有している。下部内面（４６）には、導出ダクト（１６）に流体連通した出口（４８）が形成されている。上部内面（４３）と中間内周面（４５）と下部内面（４６）とは、内周面（４４）を有している。導出ダクト（１６）は、同様に、導出ダクト壁（５２）を備えており、導出ダクト壁（５２）は、内周面（５６）を有している。プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）は、図１に示すような全体的に長円形の鉛直方向断面形状と、図２に示すような全体的に円形の水平方向断面形状と、を有している。プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）は、プラズマ（２０）および処理材料（２８）によって生成される圧力に耐え得るような任意の材料から形成することができる。好ましくは、実質的な耐熱性を有している。例示するならば、プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）は、 $Al_2O_3$ やセラミック材料等から形成することができる。時には、周期表において番号がより小さな材料を使用することが、イオン化放射を含む特別のプロセスにおける材料の変質を低減できて、望ましいこともある。導出ダクト壁（５２）は、プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）と同じ材料から形成することができる。しかしながら、導出ダクト壁（５２）は、導出ダクト（１６）が受けることとなる温度および圧力に応じて、様々な材料から形成することができる。

#### 【００１２】

複数のプラズマ原料供給コンジット（６０）が、プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）内に形成されており、内周面（４４）に沿って、対応する複数のプラズマ原料供給口（６４）を規定している。プラズマ原料供給コンジット（６０）は、プラズマ原料供給マニホール（６８）に対して流体連通しており、プラズマ原料供給マニホール（６８）は、プラズマ原料供給源（２２）からプラズマ原料（２４）を受領するためのプラズマ原料供給ダクト（２５）に対して流体連通している。プラズマ原料供給コンジット（６０）およびプラズマ原料供給口（６４）の数は、使用しているプラズマ原料に応じて変更することができ、単一のコンジットおよび供給口とすることも、一群をなす多数のコンジットおよび供給口とすることも、他の態様とすることもできる。また、互いに個別とされた複数のノズルを使用することもできる。この実施形態においては、複数のプラズマ原料供給コンジット（６０）が、内周面（４４）回りにおいて等間隔環状配置されている。また、各プラズマ原料供給コンジット（６０）は、内周面（４４）に対して、プラズマ材料処理チャンバ（１４）内においてプラズマ原料（２４）が渦流を形成することを助長し得るような傾斜とされている。

#### 【００１３】

同様に、複数の処理材料供給コンジット（７０）が、プラズマ材料処理チャンバ壁（４０）内に形成されており、内周面（４４）に沿って、対応する複数の処理材料供給口（７４）を規定している。処理材料供給コンジット（７０）は、処理材料供給マニホール（７８）に対して流体連通しており、処理材料供給マニホール（７８）は、処理材料供給源（２６）から処理材料（２８）を受領するための処理材料供給ダクト（２９）に対して流

10

20

30

40

50

体連通している。処理材料供給コンジット（70）および処理材料供給口（74）の数は、処理される材料に応じて変更することができ、単一のコンジットおよび供給口とすることも、一群をなす多数のコンジットおよび供給口とすることも、他の態様とすることもできる。また、互いに個別とされた複数のノズルを使用することもできる。この実施形態においては、複数の処理材料供給コンジット（70）が、内周面（44）回りにおいて等間隔環状配置されている。また、各処理材料供給コンジット（70）は、内周面（44）に対して、詳細に後述するような冷却流体層内において処理材料（28）が渦流を形成することを助長し得るような傾斜とされている。

#### 【0014】

複数の冷却流体供給コンジット（80）が、プラズマ材料処理チャンバ壁（40）内に形成されており、内周面（44）に沿って、対応する複数の冷却流体供給口（84）を規定している。冷却流体供給コンジット（80）は、冷却流体分配チャンバ（18）に対して流体連通しており、これにより、分配壁を形成している。冷却流体分配チャンバ（18）からプラズマ材料処理チャンバ（14）内へと冷却流体（32）を導入するために、互いに個別的な複数のチャンネルが例示さえているけれども、外側チャンバ（18）から内側チャンバ（14）内へと冷却流体（32）を搬送し得るような多孔質媒体や他の媒体や他の構造を、使用することもできる。同じことは、チャンバ（14）内へのプラズマ原料（24）や処理材料（28）の導入についても、当てはまる。冷却流体分配チャンバ（18）は、導出ダクト（16）とプラズマ原料供給ダクト（25）と処理材料供給ダクト（29）と冷却流体供給ダクト（33）と圧力制御流体供給ダクト（39）とを気密的に囲むような冷却流体分配チャンバ壁（88）によって形成されている。冷却流体分配チャンバ壁（88）は、冷却流体供給ダクト（33）に対して流体連通した冷却流体入口（89）を形成しており、これにより、冷却流体（32）を、冷却流体分配チャンバ（18）内において加圧することができ、冷却流体分配チャンバ（18）から冷却流体供給コンジット（80）を通してプラズマ材料処理チャンバ（14）内へと、冷却流体を直接的に導入することができる。この実施形態においては、冷却流体分配チャンバ（18）内の圧力は、プラズマ材料処理チャンバ壁（40）にかかる応力を軽減するという利点を有している。そのため、プラズマ材料処理チャンバ壁（40）は、雰囲気圧力以外の圧力範囲においても動作することができる。プラズマ材料処理チャンバ（14）を加圧状態で動作させることが要望されている応用においては、冷却流体分配チャンバ（18）内の圧力によって、プラズマ材料処理チャンバ壁（40）を、かなり大きな内圧であっても耐えさせることができる。当然のことながら、他の実施形態においては、互いに個別とされた複数のダクトが、1つまたは複数の冷却流体供給コンジット（80）に対して冷却流体（32）を供給することができ、互いに個別とされた複数のノズルを使用することによって、プラズマ材料処理チャンバ（14）内へと冷却流体（32）を注入することができる。すべての冷却流体供給コンジットが複数の個別的ダクトによって機能している場合には、冷却流体分配チャンバ（18）は、個別的圧力源によって加圧することができ、冷却流体分配チャンバ（18）の加圧を省略することができる。あるいは、冷却流体分配チャンバ（18）自体を省略することができる。

#### 【0015】

この実施形態においては、冷却流体コンジット（80）および冷却流体供給口（84）は、内周面（44）に対して、冷却流体（32）が導出ダクト（16）へと向けて内周面（44）回りにおいて周方向に移動し得るような、角度とされているあるいは向きとされている。また、冷却流体供給口（84）は、複数の冷却流体供給口から導出された冷却流体（32）が、冷却層（90）（図2）を形成し得るように、互いに離間して配置されている。冷却層（90）は、内周面（44）を被覆し、プラズマ（20）と内周面（44）との間のバリアとして機能し、プラズマ材料処理チャンバ壁（40）を冷却する。冷却流体供給口（84）に関して必要な間隔は、典型的には、冷却流体の粘度および流速に依存するものではあるけれども、各冷却流体供給口（84）からの流通パターンが約50%オーバーラップしていれば、多くの応用において十分である。当然のことながら、いくつかの

10

20

30

40

50

応用においては、その応用にとって十分な冷却層が形成される限りにおいては、冷却流体（32）は、必ずしも周方向に移動する必要はない。同様に、いくつかの応用においては、冷却層（90）は、チャンバ（14）の内周面（44）の全体を被覆する必要はない。

【0016】

また、冷却層（90）の厚さは、冷却流体の粘度および流速に依存し、また、冷却流体の熱容量にも依存する。冷却層（90）として意図されている厚さに基づいて、プラズマ原料供給コンジット（60）および/または処理材料供給コンジット（70）は、冷却層（90）よりも径方向内方へと、プラズマ原料（24）および/または処理材料（28）を供給するような向きとすることができる。より高温のプラズマに関しては、処理材料供給コンジット（70）は、冷却層（90）内へと処理材料（28）を供給するような向きと  
10

【0017】

冷却流体（32）は、気体や液体や固体（気体や液体中に同伴されていてもあるいは同伴されていなくても良い）とすることができ、あるいは、これらの任意の組合せとすることができる。より低温の応用においては、例えば空気やHeやCO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>等といったような気体を、冷却流体（32）として十分に使用することができる。より高温の応用においては、限定するものではないけれども例えば水や炭化水素やキャリア流体中の固体やあるいはプラズマ（20）の温度に应答して相変化を受ける他の材料といったような材料を、冷却流体（32）として使用することができる。それは、相変化の結果として、かなり大きな量の熱吸収が起こるからである。同様に、例えば気体や液体や固体やあるいはプラズマ（20）の温度に应答して分子が分解したりあるいはイオン化したりする化合物といったような材料を、冷却流体（32）として使用することができる。それは、そのような分解やイオン化の結果として、かなり大きな量の熱吸収が起こるからである。  
20

【0018】

この実施形態においては、プラズマ（20）は、実質的にプラズマ材料処理チャンバ（14）内に収容されている。これは、後述するようなプラズマ観測制御機構によって得ることができる。また、出口（48）は、この出口（48）から出ていく冷却流体（32）の量が、内表面（44）の熱的蒸発を防止するための背圧を形成するのに十分であるように、構成されている。  
30

【0019】

出口（48）ののところにおける圧力制御をさらに補助するため、複数の加圧用コンジット（100）が、導出ダクト壁（52）内に形成されており、導出ダクト壁（52）の内周面（56）に沿って、対応する複数の加圧用供給口（104）を規定している。加圧用コンジット（100）は、第1圧力制御流体供給マニホールド（108）に対して流体連通しており、第1圧力制御流体供給マニホールド（108）は、圧力制御流体供給源（36）から圧力制御流体（38）を受領するため、圧力制御バルブ（110）を介して圧力制御流体供給ダクト（39）に対して流体連通している。この実施形態においては、複数の加圧用コンジット（100）が、導出ダクト壁（52）の内周面（56）回りにおいて等間隔環状配置されている。また、加圧用コンジット（100）は、導出ダクト壁（52）の内周面（56）に対して、出口（48）へと向けて径方向内向きにかつ上向きに圧力制御流体（38）が周方向渦流を形成することを助長し得るような、傾斜とされている。径方向内向きのかつ上向きの渦流は、導出ダクト（16）を通しての流体流通を制限することに寄与し、出口（48）ののところにおける背圧上昇をもたらす。上向き流は、冷却流体（32）の渦流を乱し、プラズマ（20）が導出ダクト（16）に向けて抽出されることを防止することに寄与する（よって、プラズマ（20）がチャンバ（14）内に保持されることをさらに助長する）。要望によっては、加圧用供給口（104）によって引き起こされる渦流の回転方向は、冷却流体（32）がなす渦流の回転方向と逆向きとすることができ、冷却流体（32）がなす渦流を乱すことができ、プラズマ（20）が導出ダクト（16）から抽出されることを防止することに寄与する。一般に、冷却流体（32）がな  
40  
50

す渦流を乱すような任意の機構（例えば、機械的渦流破壊装置、等）を使用することによって、プラズマ（20）が導出ダクト（16）から抽出されることを防止することに補助することができる。

【0020】

同様に、複数の減圧用コンジット（120）が、導出ダクト壁（52）内に形成されており、導出ダクト壁（52）の内周面（56）に沿って、対応する複数の減圧用供給口（124）を規定している。減圧用コンジット（120）は、第2圧力制御流体供給マニホールド（128）に対して流体連通しており、第2圧力制御流体供給マニホールド（128）は、圧力制御流体供給源（36）から圧力制御流体（38）を受領するため、圧力制御バルブ（130）を介して圧力制御流体供給ダクト（39）に対して流体連通している。この実施形態においては、複数の減圧用コンジット（120）が、導出ダクト壁（52）の内周面（56）回りにおいて等間隔環状配置されている。また、減圧用コンジット（120）は、導出ダクト壁（52）の内周面（56）に対して、出口（48）から遠ざかる向きへと向けて径方向内向きにかつ下向きに圧力制御流体（38）が周方向渦流を形成することを助長し得るような、傾斜とされている。下向きの渦流は、導出ダクト（16）を通しての流体流通を促進することに寄与し、出口（48）のところに於ける背圧減少をもたらす。

【0021】

必要に応じて、双方向矢印によって示されているような双方向にバルブモータ（144）によって駆動されるバルブ（140）を、導出ダクト（16）内に配置することができ、これにより、導出ダクト（16）内における圧力をしたがって出口（48）のところに於ける圧力を、さらに制御することができる。バルブ（140）は、バルブ用冷却流体供給源（166）に対して連結されたダクト（162）から受領した冷却流体（158）を放出するための複数の冷却流体供給口（154）が形成されているような、外周面（150）を有することができる。放出された冷却流体（158）は、外周面（150）のための保護冷却層を形成する。冷却流体供給源（166）は、個別的な冷却流体供給源とすることも、また、冷却流体供給源（30）および/または圧力制御流体供給源（36）と合わせて単一の冷却流体供給源として構成することも、できる。

【0022】

さて、プラズマ（20）から放射される電磁放射の効果について考察する。例えば、プラズマ（20）から放射される赤外放射は、内周面（44）に衝突することができ、これにより、内周面（44）の望ましくない加熱を引き起こす。そのような加熱を防止するための1つの方法は、冷却層（90）を使用することによって、プラズマ（20）から放射された赤外放射を吸収し、そのような放射によって生成された熱を導出ダクト（16）を通して運び去ることである。例えば、二酸化炭素ガスを、冷却層（90）内に含有させることができる。二酸化炭素ガスは、赤外放射を吸収し、内周面（44）に対しての赤外放射の到達を冷却層（90）によって阻止することを可能とし、赤外放射からのエネルギーを冷却層（90）によってチャンバ（14）から運び去ることを可能とする。これに代えて、炭酸カルシウム粒子を、冷却流体（32）内に同伴させることができる。炭酸カルシウムに衝突した放射は、炭酸カルシウム分子を、酸化カルシウムと二酸化炭素とに分解する。この場合、二酸化炭素は、上述のようにして、赤外放射を吸収する。

【0023】

赤外放射の量が増大するにつれて、冷却層（90）は、入射赤外放射のすべてを吸収して除去することができなくなり得る。その場合、例えばアルミナやサファイヤ等といったような赤外透過性材料を、チャンバ壁（40）および/または内周面（44）の一部として使用することができる。チャンバ壁（40）の外側面による黒体輻射効果を増大させ、これにより、冷却流体分配チャンバ（18）に対しての熱伝達をより効率的に行うことによって、さらなる改良を得ることができる。これは、例えば、二ホウ化亜鉛コーティングによって実現することができる。そのような赤外透過性材料を使用することに加えてのまたは代えての、そのような加熱を防止するための他の方法は、そのような赤外放射をプラズ

10

20

30

40

50

マ(20)に向けて反射させることである。これは、例えば図3に示す赤外反射層(170)といったようなミラーとして機能する赤外反射性材料を使用することによって、行うことができる。層(170)は、複合層とすることができ、この複合層は、チャンバ壁(40)上に配置される例えば金やアルミニウムやニッケル等からなる層を備えており、金属層とプラズマ(20)との間に配置された例えば合成ダイヤモンドコーティング層といったような付加的保護層を備えていても、あるいは備えていなくても良い。そのような透過性材料または反射性材料は、冷却層(90)による付加的放射防止機能を併用することなく、単独で使用することができる。当然のことながら、そのような放射反射性材料は、冷却流体(32)内に同伴させることもでき、これにより、冷却層(90)自体を、単独であるいは層(170)に加えて、反射層として(反射層の全体としてあるいは反射層の一部として)機能させることができ、同じ結果を得ることができる。

10

#### 【0024】

プラズマ(20)がかなりの紫外放射を放射する場合には、蛍光性コーティング(180)を、チャンバ壁(40)の一部としておよび/または内周面(44)の一部として、使用することができる。図4は、内周面(44)上に配置されたコーティング(180)が、プラズマ(20)から放射された放射を吸収し、吸収した放射を長波長の放射へと変換し、長波長の放射が全方位に放射される様子を、示している。コーティング(180)が、紫外領域の波長を有した電磁放射を吸収するとともに、吸収した電磁放射を、赤外範囲の波長を有した電磁放射へと変換するような材料である場合には、プラズマ材料処理チャンバ壁(40)は、例えば単相結晶材料(サファイヤ等)やナノフェーズ材料やセラミックス等といったような赤外透過性材料から形成することができる。そのような構造においては、コーティング(180)から再放射された赤外放射のいくらかの部分は、プラズマ材料処理チャンバ壁(40)を透過してチャンバ(14)から離れるように移動し、そのため、チャンバ壁(40)を加熱することがない。また、コーティング(180)から再放射された赤外放射の他の部分は、プラズマ(20)に向けてプラズマ(20)へと戻る向きに移動し、プラズマ(20)によって生成された熱を生産的に保存する。当然のことながら、そのような放射蛍光性材料も、また、冷却流体(32)内に同伴させることができ、これにより、冷却層(90)自体を、単独であるいは層(180)に加えて、蛍光層として(蛍光層の全体としてあるいは蛍光層の一部として)機能させることができ、同じ結果を得ることができる。これに代えて、蛍光機能を行う材料を冷却流体(32)内に同伴させることによって、冷却層(90)内へと冷却流体が流入する前に、蛍光機能を起こさせることができる。

20

30

#### 【0025】

プラズマ(20)がかなりのX線放射や中性子線を放射する場合には、冷却層(90)は、十分な圧力をもって注入される例えば窒素や酸素等といったような2原子気体を有することができる。そのような気体は、電離され、例えば内周面(44)上への放射蒸発効果といったようなX線放射効果を減衰させる。加えて、ホウ素イオンや鉛イオン等を、冷却流体(32)内に同伴させることができ、吸収媒体として機能させることができる。そのような添加の詳細は、X線放射や中性子線のスペクトルに強く依存する。

#### 【0026】

次に、チャンバ(14)内におけるプラズマ(20)の観測制御について考察する。特に、プラズマ(20)と内周面(44)との間の接触を防止することができ、プラズマ(20)をチャンバ(14)内に実質的に収容することができるという能力について、考察する。当然のことながら、プラズマ(20)のごく一部は、冷却層(90)内に巻き込まれることとなる。そのため、完全にはプラズマ(20)をチャンバ(14)内に収容する必要はない。好ましくは、プラズマ(20)内において所望の処理効果を得るためのすなわち材料(28)を処理するための十分な熱を少なくともも生成し得るよう、プラズマ(20)の大部分が、チャンバ(14)内に収容される。

40

#### 【0027】

冷却流体(32)がなす渦流は、プラズマ(20)を回転させる。回転によって引き起こ

50

された遠心力に応答して膨らむだけであるような他の材料とは異なり、電離材料から形成されているプラズマ(20)は、回転によって引き起こされる磁力の結果として、収縮することができる。これには、回転によって引き起こされた遠心力が、回転によって誘起された磁界によって引き起こされる圧縮よりも、小さいことが必要である。そのような圧縮は、プラズマ(20)を内周面(44)から遠ざけることを補助する。

#### 【0028】

プラズマ(20)の外側境界は、等間隔をもって軸方向および径方向にアレイをなす磁氣的、光学的、および/または、音響的センサ(300)(図5)を使用して、検出することができる。センサ(300)は、壁(40)に対して取り付けられている、あるいは、選択されたセンサが壁(40)に対して物理的に接触していなくても所望パラメータを検出し得るものである場合には、壁(40)から離間した適切な位置に配置されている。例えば3軸ホール(hall)センサといったような磁気センサは、プラズマ(20)から放射された磁界を検出する。例えば開放端付き光ファイバケーブルといったような光学センサは、プラズマから放射された光を検出する。能動冷却式高温適応型音響トランスデューサといったような音響センサは、プラズマ(20)の境界において反射された音を検出する。そのような音は、音響センサ自体によって生成することができる、あるいは、別の音響トランスデューサによって生成することができる。例えば処理材料がチャンバ(14)内に注入されたときに起こり得るようにあるいはモード流によって起こり得るように、プラズマ(20)が内周面(44)に近づいたときには、チャンバ(14)の周囲において軸方向におよび径方向に配置された1つまたは複数の音響トランスデューサ(304)によって生成された圧力波を使用することによって、プラズマ(20)を所望方向に押し返すことができる。また、そのような音響圧力波を使用することによって、不純物を制御することができる、これにより、処理材料(28)や冷却流体(32)からの不純物によるプラズマ(20)の汚染を防止することができる。加えて、あるいは、複数の音響トランスデューサ(304)に代えて、複数の制御ノズル(308)が、所望方向へとプラズマ(20)を押し返し得るよう、チャンバ(14)内へと流体(31)を注入するために、チャンバ(14)回りにおいて軸方向および径方向に配置されている。制御ノズル(308)は、チャンバ(14)内へと冷却流体(32)を導入するためのオリフィスとは個別に機能することができる、あるいは、制御ノズル(308)は、チャンバ(14)内へと冷却流体(32)を全体的にまたは部分的に導入するために機能することができる。圧力分離バップル(19A, 19B)を、冷却流体分配チャンバ(18)内に設置することができ、これにより、チャンバ(14)の外側に、異なる圧力領域をもたらすことができる。磁界生成手段(312)を使用することにより、プラズマ(20)の位置をさらに制御することができる、プラズマ(20)の回転を安定化させることができ、さらに、プラズマ(20)の境界層を円滑化することができる。

#### 【0029】

冷却流体(32)による内周面(44)の被覆を促進させ得るという能力について、考察する。この実施形態においては、内周面(44)は、処理要求に適した凹凸パターン(テクスチャー)を有している。低流量の(低温の)応用においては、内周面(44)は、冷却流体(32)の層流化を最大化し得るような凹凸パターンとされている。高流量の(高温の)応用においては、内周面(44)は、流通を安定化させるための形状またはコーティングを有した凹凸パターンとされている。この実施形態においては、鉛直方向に延在する複数の半円柱状突起(47)が、図2に示すように内周面(44)回りに配置されている。このような突起は、突起(47)の下流側において小型の渦流を引き起こす。これら小型の渦流は、内周面(44)に向けて冷却流体(32)を抽出する傾向がある。

#### 【0030】

図6は、本発明の代替可能な実施形態によるプラズマ処理装置(200)を示す断面図である。プラズマ処理装置(200)は、第1実施形態における構成と全体的には同じ構成とされたプラズマ材料処理チャンバ(14)および冷却流体分配チャンバ(18)を具備している。よって、これらに関する詳細な説明は、省略する。この実施形態は、上記第1

10

20

30

40

50

実施形態と比較して、モータ(214)によって駆動されるバルブ(210)が、出口(48)のところにおける圧力を制御することに寄与するだけでなく、冷却層(90)内に同伴させた材料を分離して回収する点において、相違している。冷却層(90)が、渦流的に回転していることにより、渦流内に同伴されている重量物質は、径方向外方に移動し、バルブ(210)の周囲を通過することができ、導出ダクト(216)を通ることとなる。バルブ(210)は、内周面(222)によって規定された中央通路(218)によって、バルブダクト(217)に対して連結されている。これにより、渦流の内方部分に同伴されてくる軽量物質を回収することができる。第1実施形態の場合と同様に、導出ダクト(216)は、冷却流体供給コンジット(図示せず)を備えていて、内周面(222)を冷却することができるとともに、減圧用コンジット(120')を備えていて、出口(48)のところにおける背圧を低減させることができる。バルブダクト(217)は、冷却流体供給コンジット(図示せず)と、マニホールド(128)に対して流体連通した減圧用コンジット(120")と、例えば別の冷却流体供給源から受領した加圧冷却流体によって冷却されるフレキシブルカップリング(230)と、を備えている。

#### 【0031】

上記においては、本発明の様々な実施形態について説明したけれども、本発明の精神および範囲を逸脱することなく、さらなる変形を行うことができる。例えば、各冷却流体供給コンジットを、個別の冷却流体供給源に対して接続することができ、また、各冷却流体供給コンジットを、互いに異なる材料を有したそれぞれ異なる冷却層を形成し得るような向きとすることができる。同様に、各処理材料供給コンジットを、個別の処理材料供給源に対して接続することができ、また、各処理材料供給コンジットを、互いに異なる冷却層内へと、あるいは、冷却層およびプラズマ内へと、注入し得るように、互いに異なる向きとすることができる。非常に高温の応用においては、バルブ(140または210)を省略することができ、出口(48)のところにおける圧力は、加圧用コンジット(100)および減圧用コンジット(120)によって排他的に制御することができる。所望によっては、それぞれプラズマ(20A, 20B, 20C)を収容した複数のプラズマ材料処理チャンバ(14A, 14B, 14C)を、図7に示すようにして積層することができる。この場合、複数のプラズマ材料処理チャンバ(14A, 14B, 14C)は、狭隘化オリフィス(400A, 400B)によって隔離することができる。圧力分離バッフル(19A, 19B)を、冷却流体分配チャンバ(18)内に設置することができ、これにより、各チャンバ(14A, 14B, 14C)の外側に、異なる圧力領域をもたらすことができる。この実施形態においては、先の実施形態において使用したのと同じタイプの構造および制御手段を使用している。

#### 【0032】

様々な構成要素のサイズや形状や配置や向きは、必要に応じて変更することができる。1つの構成要素の機能を、2つの構成要素によって達成することができ、あるいは逆に、2つの構成要素の機能を、1つの構成要素によって達成することができる。特定の実施形態内にすべての利点を同時に組み込む必要はない。従来技術に対して優位であるような各特徴点は、単独であってもあるいは他の特徴点と組み合わせられても、そのような特徴点が具現している構造的および/または機能的概念という意味において、出願人による各個別的な発明と見なされるべきである。さらに、本発明の1つの可能な応用として、廃棄物の処理を例示したけれども、当業者であれば、プラズマ自体の処理や冷却流体の処理等といったものも含めて、他の応用を容易に想定されるであろう。チャンバ(14)内へと冷却流体(32)を導入するために使用した様々な技術は、また、チャンバ(14)内へとプラズマ原料(24)や処理材料(28)を導入するに際しても、使用することができる。よって、本発明の範囲は、例示された特定の構造や見かけ上の構造によって限定されるものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるプラズマ処理装置の特別の実施形態を示す断面図である。

【図2】 図1におけるII-II線に沿った矢視断面図である。

10

20

30

40

50

【図3】 本発明に基づく壁コーティングの特別の実施形態を詳細に示す図である。

【図4】 本発明に基づく壁コーティングの他の実施形態を詳細に示す図である。

【図5】 プラズマ処理装置を示す断面図であって、本発明に基づくプラズマ観測制御システムの特別の実施形態を示している。

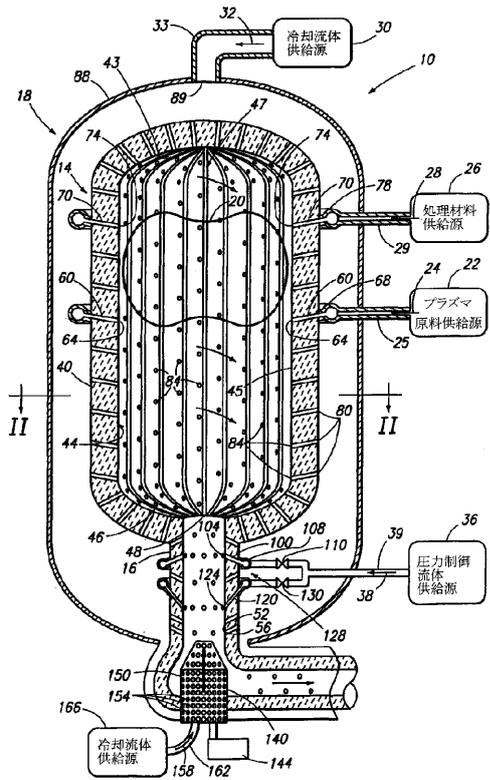
【図6】 本発明に基づくプラズマ処理装置の代替可能な実施形態を示す断面図である。

【図7】 本発明に基づくプラズマ処理装置のさらなる代替可能な実施形態を示す断面図である。

【符号の説明】

10	プラズマ処理装置	
14	プラズマ材料処理チャンバ(第1チャンバ、チャンバ)	10
14A	プラズマ材料処理チャンバ(第1チャンバ、チャンバ)	
14B	プラズマ材料処理チャンバ(第1チャンバ、チャンバ)	
14C	プラズマ材料処理チャンバ(第1チャンバ、チャンバ)	
16	導出ダクト	
18	冷却流体分配チャンバ(第2チャンバ)	
20	プラズマ	
20A	プラズマ	
20B	プラズマ	
20C	プラズマ	
25	プラズマ原料供給ダクト(プラズマ原料供給コンジット)	20
28	処理材料	
29	処理材料供給ダクト(処理材料供給コンジット)	
30	冷却流体供給源	
32	冷却流体	
33	冷却流体供給ダクト(流体供給コンジット)	
38	圧力制御流体	
40	プラズマ材料処理チャンバ壁(第1壁)	
43	上部内面	
44	内周面	
46	下部内面	30
48	出口	
56	導出ダクト内周面	
64	プラズマ原料供給口	
74	処理材料供給口	
84	冷却流体供給口(流体供給口)	
88	冷却流体分配チャンバ壁(第2壁)	
89	冷却流体入口	
90	冷却層	
104	加圧用供給口(圧力制御流体供給口)	
124	減圧用供給口(圧力制御流体供給口)	40
170	赤外反射層(放射作用材料)	
180	コーティング(放射作用材料、放射変換材料)	
200	プラズマ処理装置	
216	導出ダクト	

【図1】



【図2】

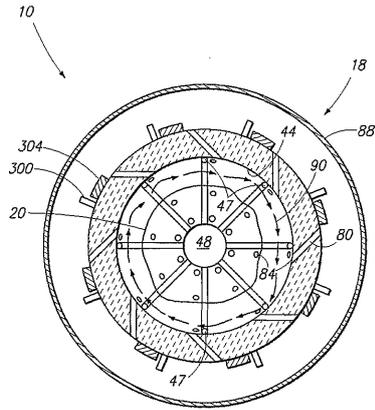
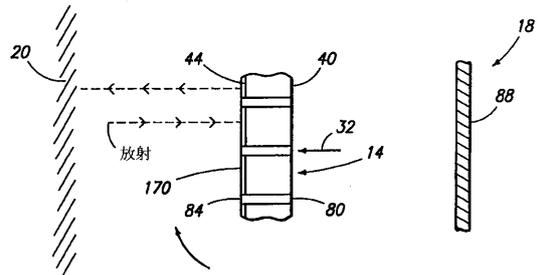
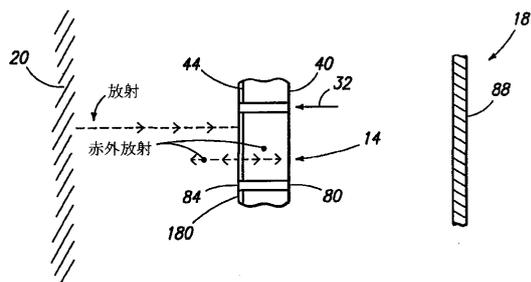


FIG. 2

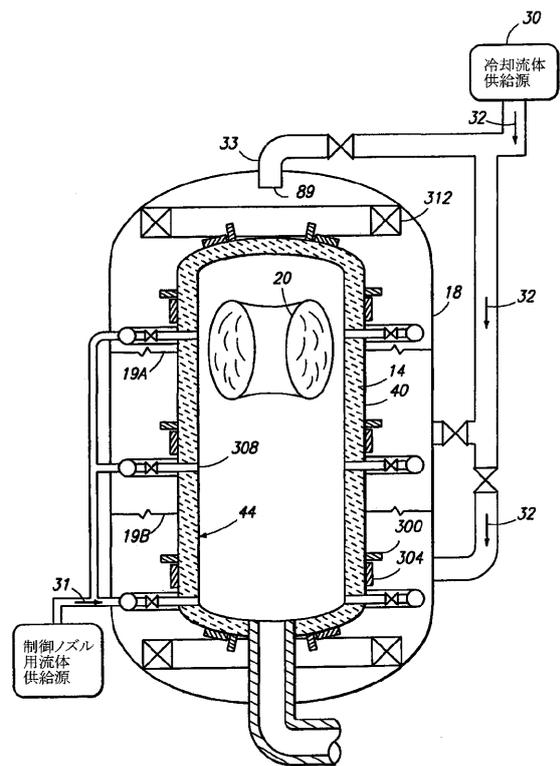
【図3】



【図4】



【図5】



【 図 6 】

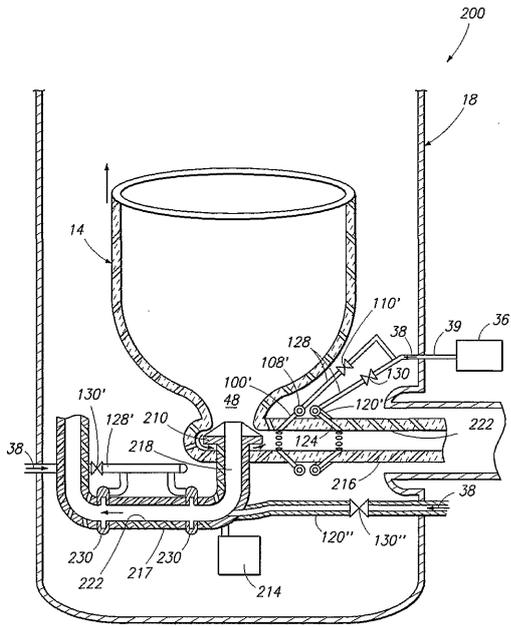


FIG. 6

【 図 7 】

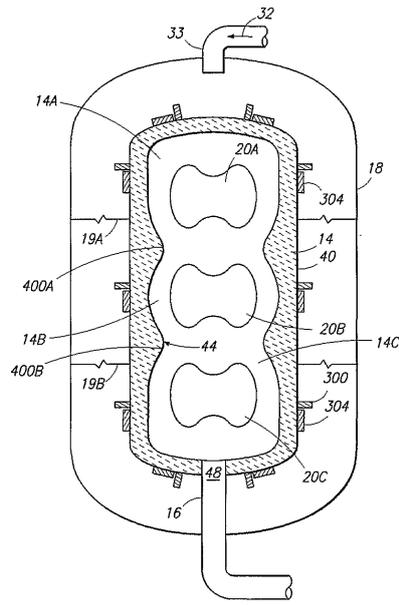


FIG. 7

## フロントページの続き

- (74)代理人 100094400  
弁理士 鈴木 三義
- (74)代理人 100107836  
弁理士 西 和哉
- (74)代理人 100108453  
弁理士 村山 靖彦
- (74)代理人 100110364  
弁理士 実広 信哉
- (72)発明者 ロバート・アール・シューイ  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・93309・ベイカーズフィールド・シルバーウッド・レーン  
・4512
- (72)発明者 マイケル・リー・フレイム  
アメリカ合衆国・ジョージア・31808・フォートソン・ピーオー・ボックス・848
- (72)発明者 リック・ビー・シュピールマン  
アメリカ合衆国・ニューメキシコ・97123・アルバカーキ・モンテ・アルト・ドライブ・70  
1・ノース・イースト

審査官 富永 正史

- (56)参考文献 特開2002-38273(JP,A)  
特開2001-300296(JP,A)  
特開2001-263642(JP,A)  
特開2001-232180(JP,A)  
特開2001-149918(JP,A)  
特開2001-9233(JP,A)  
特開2000-288510(JP,A)  
特開平8-318129(JP,A)  
特開平2-107387(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01J 10/00-19/32  
B01J 3/00  
H05H 1/24  
H01J 7/24