(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2018-519637
(P2018-519637A)
(43)公表日　平成30年7月19日(2018.7.19)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H05H 1/30	***(2006.01)***	H05H	1/30	2G084

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 26 頁）

(21)出願番号	特願2017-567719 (P2017-567719)
(86)(22)出願日	平成28年6月27日 (2016.6.27)
(85)翻訳文提出日	平成30年2月8日 (2018.2.8)
(86)国際出願番号	PCT/CA2016/050754
(87)国際公開番号	WO2017/000065
(87)国際公開日	平成29年1月5日 (2017.1.5)
(31)優先権主張番号	62/185,799
(32)優先日	平成27年6月29日 (2015.6.29)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　503389611
テクナ・プラズマ・システムズ・インコーポレーテッド
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｌ・２Ｔ９・シャーブルック・インダストリアル・ブールバード・２９３５
(74)代理人　100108453
弁理士　村山　靖彦
(74)代理人　100110364
弁理士　実広　信哉
(74)代理人　100133400
弁理士　阿部　達彦
(72)発明者　マハー・アイ・ブーロス
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｌ・１Ｈ２・シャーブルック・モンマニ・５０５
最終頁に続く

(54)【発明の名称】より高いプラズマエネルギー密度を有する誘導プラズマトーチ

(57)【要約】
誘導プラズマトーチは、管状トーチ本体、管状インサート、プラズマ閉じ込めチューブ、及び環状チャネルを備える。管状トーチ本体は、各内方表面を画定する上流セクション及び下流セクションを有する。管状インサートは、管状トーチ本体の下流セクションの内方表面に取り付けられる。プラズマ閉じ込めチューブは、管状トーチ本体内において管状トーチ本体と同軸に配設される。プラズマ閉じ込めチューブは、軸方向のプラズマ流方向において漸減する厚さを有する管状壁部を有する。環状チャネルは、一方における管状トーチ本体の上流セクションの内方表面及びインサートの内方表面と、他方におけるプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の外方表面との間に画定される。冷却チャネルは、プラズマ閉じ込めチューブを冷却するために流体を搬送する。

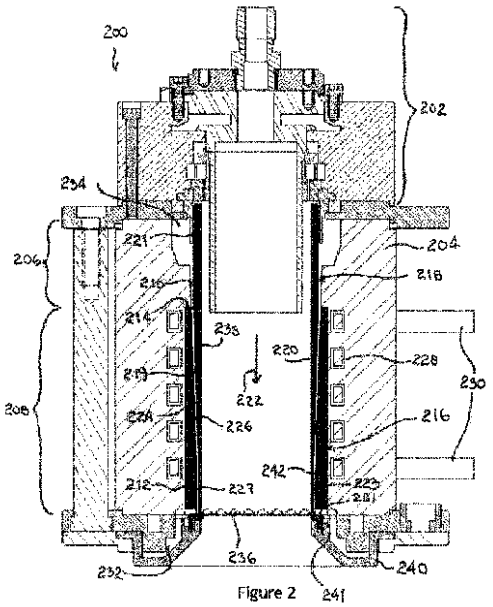


Figure 2

【特許請求の範囲】
【請求項１】
上流セクション及び下流セクションを有する管状トーチ本体であって、前記上流セクション及び前記下流セクションは各内方表面を画定する、管状トーチ本体と、
前記管状トーチ本体内に、前記管状トーチ本体と同軸に配設され、一定の内径の内方表面及び外方表面を有するプラズマ閉じ込めチューブであって、前記プラズマ閉じ込めチューブの少なくとも所定のセクションにわたりプラズマ流の軸方向において漸減する厚さを有する管状壁部を有するプラズマ閉じ込めチューブと、
前記管状トーチ本体の前記下流セクションの前記内方表面に取り付けられた管状インサートであって、内方表面を有する管状インサートと、
（ａ）前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面及び前記管状インサートの前記内方表面と、（ｂ）前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方表面と、の間に画定された環状チャネルであって、前記プラズマ閉じ込めチューブを冷却するために冷却流体を通すように構成された環状チャネルと、
を備える、誘導プラズマトーチ。
【請求項２】
プラズマを生成及び持続させるように前記プラズマ閉じ込めチューブ内に存在するプラズマガスにエネルギーを印加するための、前記管状トーチ本体内部に埋設された誘導結合部材を備える、請求項１に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項３】
前記誘導結合部材は、同軸コイルを備え、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記管状壁部の前記厚さは、前記同軸コイルの領域において漸減する請求項２に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項４】
前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面、前記管状インサートの前記内方表面、及び前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方表面は、一定の厚さを有する前記環状チャネルを画定するように構成される請求項１～３のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項５】
前記管状トーチ本体は、前記上流セクションの前記内方表面と、前記下流セクションの前記内方表面と、の間に環状ショルダを備え、前記管状インサートは、前記環状ショルダに当接する上流端部を備える請求項１～４のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項６】
前記プラズマ閉じ込めチューブは、外方の上流円筒状表面部分、外方の中央裁頭円錐状表面部分、及び外方の下流円筒状表面部分を画定し、
前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面は、円筒状であり、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方の上流円筒状表面部分に面し、
前記管状インサートの前記内方表面は、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方の中央裁頭円錐状表面部分に面する上流裁頭円錐状表面部分と、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方の下流円筒状表面部分に面する下流円筒状表面部分とを備える請求項１～５のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項７】
前記管状トーチ本体の内方壁部上に導電性材料層を備える内方容量シールドを備え、前記導電性材料層は、軸方向ストリップへとセグメント化され、前記軸方向ストリップの上流端部に相互連結するためにリングを画定する請求項１～６のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項８】
前記容量シールドは、前記管状トーチ本体の前記内方壁部に埋設される請求項７に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項９】

前記導電性材料層は、前記導電性材料のチューブを備える請求項７に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１０】

上流セクション、中央セクション、及び下流セクションを有する管状トーチ本体であって、前記上流セクション、前記中央セクション、及び前記下流セクションは各内方表面を画定する、管状トーチ本体と、

前記管状トーチ本体内に前記管状トーチ本体と同軸に配設され、一定の内径の内方表面及び外方表面を有するプラズマ閉じ込めチューブであって、前記プラズマ閉じ込めチューブの少なくとも所定のセクションにわたりプラズマ流の軸方向方向において漸減する厚さを有する管状壁部を有するプラズマ閉じ込めチューブと、

前記管状トーチ本体の前記下流セクションの前記内方表面に取り付けられた管状インサートであって、内方表面を有する管状インサートと、

（ａ）前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面、前記管状トーチ本体の前記中央セクションの前記内方表面、及び前記管状インサートの前記内方表面と、（ｂ）前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方表面と、の間に画定された環状チャネルであって、前記プラズマ閉じ込めチューブを冷却するために冷却流体を通すように構成された環状チャネルと、

を備える、誘導プラズマトーチ。

【請求項１１】

プラズマを生成及び持続させるように前記プラズマ閉じ込めチューブ内に存在するプラズマガスにエネルギーを印加するための前記管状トーチ本体内部に埋設された誘導結合部材を備える請求項１０に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１２】

前記誘導結合部材は同軸コイルを備え、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記管状壁部の前記厚さは前記同軸コイルの領域において漸減する請求項１１に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１３】

前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面、前記管状トーチ本体の前記中央セクションの前記内方表面、前記管状インサートの前記内方表面、及び前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方表面は、一定の厚さを有する前記環状チャネルを画定するように構成される請求項１０～１２のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１４】

前記管状トーチ本体は、前記中央セクションの前記内方表面と、前記下流セクションの前記内方表面と、の間に環状ショルダを備え、前記管状インサートが前記環状ショルダに当接する上流端部を備える請求項１０から１３のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１５】

前記プラズマ閉じ込めチューブは、外方の上流円筒状表面部分、外方の中央裁頭円錐状表面部分、及び外方の下流円筒状表面部分を画定し、

前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方表面は円筒状であり、前記管状トーチ本体の前記中央セクションの前記内方表面は裁頭円錐状であり、

前記管状インサートの前記内方表面は、前記管状トーチ本体の前記中央セクションの前記内方の裁頭円錐状表面と共に内方同様裁頭円錐状表面を形成する上流裁頭円錐状表面部分と、下流円筒状表面部分と、を備え、

（ａ）前記管状トーチ本体の前記上流セクションの前記内方円筒状表面は、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記上流円筒状表面部分に面し、（ｂ）前記内方同様裁頭円錐状表面は、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方の中央裁頭円錐状表面部分に面し、（ｃ）前記管状インサートの前記下流円筒状内方表面部分は、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記外方の下流円筒状表面部分に面する請求項１０～１４のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。

【請求項１６】
前記管状トーチ本体の内方壁部上に導電性材料層を備える内方容量シールドを備え、前記導電性材料層は軸方向ストリップへとセグメント化され、前記軸方向ストリップの上流端部に相互連結するためにリングを画定する請求項１０～１５のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項１７】
前記容量シールドは、前記管状トーチ本体の前記上流セクション及び前記中央セクションの前記内方壁部に埋設され、前記容量シールドは、前記導電性材料層を露出させるために前記管状トーチ本体の前記上流セクション及び前記中央セクションの前記内方表面と共に機械加工される請求項１６に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項１８】
前記導電性材料層は前記導電性材料のチューブを備える請求項１６又は１７に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項１９】
前記環状チャネルに冷却流体を供給するための冷却流体入口と、
前記環状チャネルから冷却流体を排出するための冷却流体出口と、
を備える請求項１～１８のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２０】
前記冷却流体入口及び前記冷却流体出口は、前記冷却流体が前記プラズマ流方向とは逆の方向に前記環状チャネル内を流れるように位置決めされる請求項１９に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２１】
前記プラズマ閉じ込めチューブは前記冷却流体に対して透過性を有する材料から作製され、前記冷却流体の一部は、前記プラズマ閉じ込めチューブの前記材料を透過して前記プラズマ閉じ込めチューブの前記内方表面上に前記冷却流体の膜を形成し、前記膜の前記冷却流体はプラズマにより生成される熱によって蒸発し、前記冷却流体は、蒸発された場合にプラズマ生成可能なガスを形成するように選択される請求項１～２０のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２２】
前記プラズマ閉じ込めチューブは外方の環状ショルダ／フランジ延在部を備える下流端部を備え、前記誘導プラズマトーチは、前記管状トーチ本体の下流端部に取り付けられるとともに前記外方の環状ショルダ／フランジ延在部を受けるための環状シートを備えた環状プラズマ出口ノズルを備える請求項１～２１のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２３】
前記環状ショルダ／フランジ延在部は、管状インサートの下流端部により当接されることによって、前記誘導プラズマトーチ内で前記管状トーチ本体の前記下流セクションの前記内方表面上に環状インサートを保持する環状ショルダを画定する請求項２２に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２４】
前記管状インサートは前記プラズマ閉じ込めチューブを周方向に囲む少なくとも２つの相補的セクションを備える請求項１～２３のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２５】
前記管状インサートの前記相補的セクションは２つの半円筒状セクションを備える請求項２４に記載の誘導プラズマトーチ。
【請求項２６】
請求項１～２５のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチからプラズマ閉じ込めチューブを取り外す方法であって、管状トーチ本体から外へのプラズマ流の軸方向に前記プラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートを同時に引き出すステップを含む、方法。
【請求項２７】

前記管状トーチ本体から外への前記プラズマ流の軸方向において前記プラズマ閉じ込めチューブ及び前記管状インサートを同時に引き出す前記ステップの前に、前記管状トーチ本体の下流端部に取り付けられた環状プラズマ出口ノズルを取り外すステップと、
前記プラズマ閉じ込めチューブを周方向に囲むために少なくとも２つの相補的セクションから作製された前記管状インサートを分解除去するステップであって、前記少なくとも２つの相補的セクションを相互から分離させるステップを含む、ステップと
を含む、請求項２６に記載の誘導プラズマトーチからプラズマ閉じ込めチューブを取り外す方法。
【請求項２８】
請求項１から２５のいずれか一項に記載の誘導プラズマトーチにプラズマ閉じ込めチューブを設置する方法であって、前記プラズマ流方向とは逆の軸方向において前記管状トーチ本体中に前記プラズマ閉じ込めチューブ及び前記管状インサートを同時に導入するステップを含む、方法。
【請求項２９】
前記プラズマ閉じ込めチューブを周方向に囲むために少なくとも２つの相補的セクションから作製された前記管状インサートを組み付けるステップであって、前記プラズマ閉じ込めチューブの周囲において前記少なくとも２つの相補的セクションを相互に組み付けるステップを含む、ステップと、
前記管状トーチ本体内において前記プラズマ閉じ込めチューブ及び前記管状インサートを位置決め及び保持するために前記管状トーチ本体の下流端部に環状プラズマ出口ノズルを取り付けるステップと、
を含む、請求項２８に記載の誘導プラズマトーチにプラズマ閉じ込めチューブを設置する方法。
【請求項３０】
誘導プラズマトーチ用の管状トーチ本体であって、
内方壁部と、
前記管状トーチ本体の前記内方壁部に埋設された導電性材料層を備える内方容量シールドであって、前記導電性材料層は、軸方向ストリップにセグメント化され、前記軸方向ストリップの上流端部に相互連結するためにリングを画定する、内方容量シールドと
を備え、
前記容量シールドは、前記導電性材料層を露出させ前記管状トーチ本体の前記内方壁部の平滑表面を生成するために、前記管状トーチ本体の前記内方壁部と共に機械加工される、管状トーチ本体。
【請求項３１】
前記導電性材料層は、前記導電性材料のチューブを備える、請求項３０に記載の管状トーチ本体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、誘導プラズマトーチの分野に関する。より詳細には、本開示は、迷走アークの発生を軽減すると共により高いプラズマエネルギー密度を生じさせる誘導プラズマトーチに関する。
【背景技術】
【０００２】
過去数年にわたり、誘導結合プラズマトーチ、いわゆる誘導プラズマトーチの設計及び性能においてかなりの改良がなされてきた。誘導プラズマトーチは、現行では、研究所での研究開発から高純度の高付加価値材料の工業規模生産に至るまで広範囲にわたる用途に対して世界中で使用されている。
【０００３】
誘導プラズマトーチは、高温プラズマ条件下での材料合成及び処理のための有益なツー

ルとしてますます注目を集めている。誘導プラズマトーチの動作を支える基本コンセプトは、６０年以上も前から知られたものであり、研究所のツールから工業用高出力デバイスへと順調に進化している。

【０００４】

図１は、誘導プラズマトーチ１００の一例の構造及び動作の概略図である。誘導プラズマトーチ１００は、例えば高耐熱性及び高熱伝導性のセラミック材料などから作製され得るプラズマ閉じ込めチューブ１０２を備える。プラズマ閉じ込めチューブ１０２は、同軸の管状トーチ本体１０６内に埋設された同軸の水冷式誘導コイル１０４により囲まれる。高周波電流が、電気端子１０５を経由して誘導コイル１０４に供給される。ガス分配ヘッド（図示せず）が、プラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方空間内にプラズマガス１０８を軸方向に及び中心寄りに供給してプラズマ１１０を生成する。変形例としては、プラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方表面に沿って流れ、プラズマ１１０を取り囲むシースガス１１２の注入が含まれ得る。シースガス１１２の機能は、プラズマ１１０とプラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方表面との間にあるレベルの断熱性を与えることである。誘導プラズマトーチ１００は、特にしかし非排他的に、プラズマ閉じ込めチューブ１０２内で中心寄りに注入される粉末材料１１４を処理するために使用され得る。

【０００５】

動作時に、誘導コイル１０４を通り流れる高周波電流は、プラズマ閉じ込めチューブ１０２内においてほぼ軸方向の高周波磁場１２０を生み出す。この磁場１２０のエネルギーにより、プラズマ閉じ込めチューブ１０２内に存在するプラズマガス１０８が電気破壊される。電気破壊及びプラズマ点火が実現されると、接線方向電流が、誘導コイル１０４が位置するレベルにてプラズマ閉じ込めチューブ１０２内の領域１２２内のプラズマガス内に誘導される。この誘導接線電流は、プラズマ閉じ込めチューブ１０２内のプラズマガス１０８を加熱し、プラズマガス放電を持続させることによりプラズマ１１０を形成する役割を有する。

【０００６】

多数の設計の誘導プラズマトーチが展開されている。以下の特許公報、すなわち特許文献１（１９９３年４月６日）、特許文献２（１９９６年１０月１日）、特許文献３（２００４年２月１７日）、特許文献４（２００５年７月１９日）、及び特許文献５（２０１２年１０月１８日）に例が記載されている。全てのこれらの参考文献の内容が、参照により全体として本明細書に組み込まれる。

【０００７】

プラズマ１１０のエネルギー密度は、プラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方表面（すなわち境界部）及び誘導コイル１０４の高さにより規定されるような放電空洞の体積に対する、領域１２２内でプラズマ１１０に結合されるエネルギーの比率として定義される。プラズマ１１０におけるエネルギー密度の上昇は、プラズマのバルク比エンタルピーの上昇と、誘導プラズマトーチ１００の出口１２４におけるプラズマ１１０の対応する平均温度の上昇とにより顕在化する。残念ながら、エネルギー密度のこの上昇は、プラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方表面への熱流束の上昇をさらに伴うため、プラズマ閉じ込めチューブ１０２の内方表面の温度の上昇及びしたがってチューブが故障する可能性の上昇をもたらす。

【０００８】

プラズマ閉じ込めチューブの内方表面の温度を低下させるために、ある解決策は、プラズマ閉じ込めチューブの製造で高熱伝導性セラミック材料を使用することと、プラズマ閉じ込めチューブの外方表面を囲む環状チャネル中に高速で冷却流体を流すこととを含む。しかし、これらの特徴が加わっても、誘導プラズマトーチにおけるプラズマの最大エネルギー密度は、プラズマ閉じ込めチューブの高熱伝導性セラミック材料が構造的完全性を維持しつつ耐え得る最高温度によって依然として制限される。

【０００９】

図１の１００などの誘導プラズマトーチを使用する場合に直面するもう１つの問題は、

（ａ）プラズマガス放電１１０と（ｂ）誘導プラズマトーチ１００の出口ノズル（図１には図示せず）及び／又は誘導プラズマトーチ１００が取り付けられるリアクタの本体（図１には図示せず）との間に迷走アークが発生することである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】米国特許第５２００５９５号明細書
【特許文献２】米国特許第５５６０８４４号明細書
【特許文献３】米国特許第６６９３２５３号明細書
【特許文献４】米国特許第６９１９５２７号明細書
【特許文献５】米国特許出願公開第２０１２／０２６１３９０号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

したがって、誘導プラズマトーチにおける迷走アークの発生を解消しないにせよ大幅に軽減させつつ、プラズマエネルギー密度を上昇させる必要性がある。

【課題を解決するための手段】

【００１２】

本開示によれば、上流セクション及び下流セクションを有する管状トーチ本体であって、上流セクション及び下流セクションが各内方表面を画定する、管状トーチ本体を備える誘導プラズマトーチが提供される。プラズマ閉じ込めチューブが、管状トーチ本体内において管状トーチ本体と同軸に配設され、一定の内径の内方表面及び外方表面を有する。プラズマ閉じ込めチューブは、プラズマ閉じ込めチューブの少なくともあるセクションにわたり軸方向のプラズマ流方向において漸減する厚さを有する管状壁部を有する。管状インサートが、管状トーチ本体の下流セクションの内方表面に取り付けられ、管状インサートは、内方表面を有する。環状チャネルが、（ａ）管状トーチ本体の上流セクションの内方表面及び管状インサートの内方表面と、（ｂ）プラズマ閉じ込めチューブの外方表面との間に画定され、プラズマ閉じ込めチューブを冷却するために冷却流体を通すように構成される。

【００１３】

また、本開示によれば、上流セクション、中央セクション、及び下流セクションを有する管状トーチ本体であって、上流セクション、中央セクション、及び下流セクションが各内方表面を画定する、管状トーチ本体を備える誘導プラズマトーチが提供される。プラズマ閉じ込めチューブが、管状トーチ本体内において管状トーチ本体と同軸に配設され、一定の内径の内方表面及び外方表面を有する。プラズマ閉じ込めチューブは、プラズマ閉じ込めチューブの少なくともあるセクションにわたり軸方向のプラズマ流方向において漸減する厚さを有する管状壁部を有する。管状インサートが、管状トーチ本体の下流セクションの内方表面に取り付けられ、内方表面を有する。環状チャネルが、（ａ）管状トーチ本体の上流セクションの内方表面、管状トーチ本体の中央セクションの内方表面、及び管状インサートの内方表面と、（ｂ）プラズマ閉じ込めチューブの外方表面との間に画定され、プラズマ閉じ込めチューブを冷却するために冷却流体を通すように構成される。

【００１４】

また、本開示によれば、上述の誘導プラズマトーチからプラズマ閉じ込めチューブを取り外す方法であって、管状トーチ本体から軸方向のプラズマ流方向へとプラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートを同時に引き出すステップを含む、方法が提供される。誘導プラズマトーチからプラズマ閉じ込めチューブを取り外す方法は、管状トーチ本体から軸方向のプラズマ流方向へとプラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートを同時に引き出すステップの前に、管状トーチ本体の下流端部に取り付けられた環状プラズマ出口ノズルを取り外すステップと、プラズマ閉じ込めチューブを周方向に囲むために少なくとも２つの相補的セクションから作製された管状インサートを分解除去するステップであって、少

なくとも２つの相補的セクションを相互から分離させるステップを含む、ステップとを含み得る。

【００１５】

さらに、本開示は、上述の誘導プラズマトーチにプラズマ閉じ込めチューブを設置する方法であって、プラズマ流方向とは逆の軸方向において管状トーチ本体にプラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートを同時に導入するステップを含む、方法に関する。誘導プラズマトーチにプラズマ閉じ込めチューブを設置する方法は、プラズマ閉じ込めチューブを周方向に囲むために少なくとも２つの相補的セクションから作製された管状インサートを組み付けるステップであって、プラズマ閉じ込めチューブの周囲において少なくとも２つの相補的セクションを相互に組み付けるステップを含む、ステップと、管状トーチ本体内においてプラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートを位置決め及び保持するために管状トーチ本体の下流端部に環状プラズマ出口ノズルを取り付けるステップとを含み得る。

【００１６】

またさらに、本開示は、誘導プラズマトーチ用の管状トーチ本体であって、内方壁部と、管状トーチ本体の内方壁部に埋設された導電性材料層を備える内方容量シールドとを備える、管状トーチ本体に関する。導電性材料層は、軸方向ストリップにセグメント化され、軸方向ストリップの上流端部に相互連結するためにリングを画定する。容量シールドは、導電性材料層を露出させ管状トーチ本体の内方壁部の平滑表面を生成するために、管状トーチ本体の内方壁部と共に機械加工される。

【００１７】

前述の及び他の特徴は、添付の図面を参照としてもっぱら例として示される例示の実施形態の以下の非限定的な説明を読むことによってより明らかになろう。

【００１８】

添付の図面を参照としてもっぱら例として本開示の実施形態を説明する。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】誘導プラズマトーチの一例の概略図である。

【図２】一実施形態による管状インサートを有する誘導プラズマトーチの正面立面断面図である。

【図３】図２の誘導プラズマトーチのプラズマ閉じ込めチューブ及び管状インサートの斜視部分破断図である。

【図４】別の実施形態による管状インサート及び容量シールドを有する誘導プラズマトーチの正面立面断面図である。

【図５】図４の誘導プラズマトーチのプラズマ閉じ込めチューブ、管状インサート、及び容量シールドの斜視部分破断図である。

【図６】図４の誘導プラズマトーチの管状トーチ本体の斜視部分破断図である。

【図７ａ】図４の線Ａ－Ａに沿った図４の誘導プラズマトーチの断面図である。

【図７ｂ】図４の線Ｂ－Ｂに沿った図４の誘導プラズマトーチの断面図である。

【図７ｃ】図４の線Ｃ－Ｃに沿った図４の誘導プラズマトーチの断面図である。

【図８】誘導プラズマトーチが１００ｋＷの出力で動作している場合の、（ａ）従来のプラズマ閉じ込めチューブ及び（ｂ）図２又は図４の誘導プラズマトーチのプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部に対する熱流束の軸方向分布を示すグラフである。

【図９】誘導プラズマトーチが１４０ｋＷの出力で動作している場合の、（ａ）従来のプラズマ閉じ込めチューブ及び（ｂ）図２又は図４の誘導プラズマトーチのプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部に対する熱流束の軸方向分布を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

同様の参照数字は、種々の図面の図において同様の特徴を表す。

【００２１】

一般的には、本開示の様々な態様は、誘導プラズマトーチにおける迷走アークの発生を解消しないにせよ大幅に軽減すると共にプラズマのエネルギー密度を上昇させるニーズの１つ以上に対処する。

【００２２】

具体的には、本開示は、先行の誘導プラズマトーチと比較した場合により高いプラズマエネルギー密度での動作を可能にする誘導プラズマトーチにおける改良を説明する。また、同時に、これらの改良は、プラズマガス放電に結合する容量エネルギーを低下させ、それにより迷走アークの発生を解消しないにせよ大幅に軽減する。

【００２３】

本開示は、管状壁部の厚さの漸減を利用した誘導プラズマトーチのプラズマ閉じ込めチューブの内方表面の温度制御を説明する。管状壁部は、プラズマ放電が開始される上流端部においてはより厚く、その壁部厚さは、下流方向へと漸減する。一般的に述べれば、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の厚さは、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部における局所的熱流束分布に対して逆比例する。

【００２４】

ほぼ一定の厚さを有する環状チャネルが、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の外方表面の周囲で画定される。脱イオン水などの水又は別の冷却流体は、環状チャネル内を流れることによりプラズマ閉じ込めチューブの温度を制御する。冷却効率のために、環状チャネルは、冷却流体の迅速かつ一定の流れを確保するように薄くほぼ一定の厚さを有する。

【００２５】

プラズマ閉じ込めチューブは、管状トーチ本体内に取り付けられ、その下流端部から管状トーチ本体に挿入される。中央領域に比べて上流端部及び下流端部の両方においてより大きな外径を有するプラズマ閉じ込めチューブは、プラズマ閉じ込めチューブの外方表面の効率的な冷却を確保するように環状チャネルの間隙を幅狭に維持しながらのトーチ本体への挿入が困難となる。この難点を克服するために、管状トーチ本体は、少なくともその下流セクションにおいて、環状チャネルを画定するために必要とされるよりも大きな内径を有して構成される。結果として、管状トーチ本体は、プラズマ閉じ込めチューブの第１の内方表面と外方表面との間の環状チャネルの上流部分を形成するように構成された上流セクションに第１の内方表面を有する。管状トーチ本体は、下流セクションにより大きな直径の第２の内方表面を有する。スプリットシリンダ状インサートが、管状トーチ本体の下流セクション内の第２の内方表面に取り付けられ得、第１の内方表面と第２の内方表面との間のショルダに当接する。インサートは、プラズマ閉じ込めチューブと共に管状トーチ本体に挿入及び取り付けられるように構成される。環状冷却チャネルの下流部分は、インサートの内方表面とプラズマ閉じ込めチューブの外方表面との間に形成される。

【００２６】

次に図面を参照すると、図２は、一実施形態によるインサート２１６を有する誘導プラズマトーチ２００の正面立面断面図である。図３は、図２の誘導プラズマトーチ２００のプラズマ閉じ込めチューブ２１８の及びインサート２１６の斜視部分破断図である。

【００２７】

図２及び図３を同時に参照すると、誘導プラズマトーチ２００は、非限定的ではあるがキャストセラミック又はポリマーマトリクス複合材料から作製され得る管状トーチ本体２０４を備える。また、管状トーチ本体２０４は、上流セクション２０６及び下流セクション２０８を有して形成される。上流セクション２０６は、より小径の内方表面２１０を画定し、下流セクション２０８は、より大径の内方表面２１２を画定する。環状ショルダ２１４が、上流セクション２０６の内方表面２１０と下流セクション２０８の内方表面２１２とを隔てる。

【００２８】

また、誘導プラズマトーチ２００は、２０２で全体的に示されるガス分配ヘッドを備える。ガス分配ヘッド２０２は、誘導プラズマトーチ２００の管状トーチ本体２０４の上流

端部に取り付けられる。ガス分配ヘッド２０２は、特にしかし非排他的に、誘導プラズマトーチ２００に上述のプラズマガス及びシースガスを供給するように設計される。誘導プラズマトーチ２００は、管状トーチ本体２０４の下流端部に取り付けられた環状の、例えば円形又は楕円形のプラズマ出口ノズル２４０をさらに備える。ガス分配ヘッド２０２及びプラズマ出口ノズル２４０は、誘導プラズマトーチの分野では周知であり、したがって本明細書ではさらには説明しない。

【００２９】

インサート２１６は、管状であり、例えばスプリットシリンダの２つの半円筒状セクションなどから作製される。管状インサート２１６は、管状トーチ本体２０４の下流セクション２０８の内方表面２１２上に位置決めされる。また、インサート２１６は、環状ショルダ２１４に当接する上流端部と下流端部とを有する。図示するように、インサート２１６は、（ａ）管状トーチ本体２０４の下流セクション２０８の内方表面２１２の一定の内径に対応する一定の外径と、（ｂ）軸方向へのプラズマ流方向２２２における上流端部から漸減して同方向において管状インサート２１６の厚さを増大させ箇所２４２に至るまで裁頭円錐状内方表面２２６を形成する内径とを有し、この箇所２４２において、内径は一定を維持して、管状インサート２１６の厚さを一定に維持し、内方円筒状表面２２７を形成する。このインサートは、テフロン（商標）から又は同様のもしくは適切な物理的特性を有する別の材料から作製され得る。

【００３０】

誘導プラズマトーチ２００は、高耐熱性及び高熱伝導性のセラミック材料から作製され得るプラズマ閉じ込めチューブ２１８を備える。プラズマ閉じ込めチューブ２１８は、管状トーチ本体２０４内にこの管状トーチ本体２０４と同軸にガス分配ヘッド２０２とプラズマ出口ノズル２４０との間に配設される。プラズマ閉じ込めチューブ２１８は、一定の内径と、例えば誘導コイル２２８の領域に外径とを有し、この外径は、軸方向のプラズマ流方向２２２において漸減してプラズマ閉じ込めチューブ２１８の外方表面の裁頭円錐状部分２１９を形成し、それにより同方向においてプラズマ閉じ込めチューブ２１８の管状壁部２２０の厚さを漸減させる。図示する例では、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の管状壁部２２０の厚さの漸減が、誘導コイル２２８の領域に限定されるため、プラズマ閉じ込めチューブ２１８は、より大きな直径の外方円筒状表面部分２２１を有するより大きな一定厚さの上流セクションと、より小さな直径の外方円筒状表面部分２２３を有するより小さな一定厚さの下流セクションとを備える。

【００３１】

環状シートが、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の対応する端部を受け、管状トーチ本体２０４内でこのプラズマ閉じ込めチューブ２１８を適切に位置決めするために、ガス分配ヘッド２０２及びプラズマ出口ノズル２４０の上に形成される。特に、図３に示すように、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の下流端部は、プラズマ出口ノズル２４０の相補的な環状シート２４１内に受けられるような外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０を備える。

【００３２】

環状チャネル２２４が、一方における管状トーチ本体２０４の上流セクション２０６の内方表面２１０、ならびに管状インサート２１６の内方裁頭円錐状表面２２６及び円筒状表面２２７と、他方におけるプラズマ閉じ込めチューブ２１８の外方表面部分２１９、２２１、及び２２３との間に画定される。環状チャネル２２４は、プラズマ閉じ込めチューブ２１８を冷却するために冷却流体（図示せず）を受けるように構成される。限定するものではないが、環状チャネル２２４は、中でプラズマが生成されるプラズマ閉じ込めチューブ２１８の少なくとも実質的なセクションにわたり一定の厚さを有し得る。環状チャネル２２４が十分な薄さである場合には、高速の冷却流体流がその中で確立されることにより、プラズマ閉じ込めチューブ２１８が効率的に冷却され得る。冷却流体の非限定的な例としては、脱イオン水などの水又は別の適切な冷却液体が含まれる。具体的には、冷却流体は、プラズマ出口ノズル２４０内に形成された環状冷却流体入口２３２に供給され、環

状チャネル２２４を通り流れ、管状トーチ本体２０４及びガス分配ヘッド２０２に形成された環状冷却流体出口２３４を通り排出される。限定するものではないが、冷却流体は、軸方向のプラズマ流方向２２２とは逆の方向へと冷却チャネル２２４内を流れる。図示する実施形態では、環状冷却流体入口２３２から環状チャネル２２４への冷却流体の通過を助長するために、２３６などの複数の半円開口が、インサート２１６の環状下流端部の外縁に機械加工される。また、環状冷却流体入口２３２及び環状チャネル２２４から冷却流体を通過させるための他の構成を予期することが可能である。

【００３３】

図２に図示するように、誘導プラズマトーチ２００は、管状トーチ本体２０４内に同軸に埋設された、例えば上述の誘導コイル２２８などの誘導結合部材を備える。高周波電流が、電気端子２３０を介して誘導コイル２２８に供給され得る。誘導コイル２２８は、プラズマ閉じ込めチューブ２１８内にほぼ軸方向の磁場を発生させて、本明細書で上述したようにプラズマ閉じ込めチューブ２１８内に存在するプラズマガスに対してエネルギーを印加し、プラズマガスの電気破壊を引き起こす。電気破壊及びプラズマ点火が達成されると、接線方向電流が、誘導コイル２２８が埋設されたトーチ本体２０４の領域（図１の１２２を参照）内のプラズマガス中に誘導される。この誘導された接線方向電流は、プラズマ閉じ込めチューブ２１８内のプラズマガスを加熱し、プラズマガス放電を持続させることによりプラズマを発生させる役割を果たす。誘導コイル２２８は、電気端子２３０を通り確立される冷却流体流により冷却されるように円形又は矩形の断面を有する（図２に図示するように）導電性チューブから作製され得る。また、冷却流体の非限定的な例としては、脱イオン水などの水又は別の適切な冷却液体が含まれる。

【００３４】

図２及び図３は、誘導プラズマトーチ２００のインサート２１６の変形例を示す。図２では、インサート２１６は、より長く、プラズマ閉じ込めチューブ２１８のより長い部分に沿って延在し、管状トーチ本体２０４の上流セクション２０６は、下流セクション２０８よりも短い。図３では、インサート２１６は、より短く、プラズマ閉じ込めチューブ２１８のより短い下流部分に沿って延在し、図３は管状トーチ本体２０４を図示しないが、この変形例では管状トーチ本体２０４の上流セクション２０６は下流セクション２０８よりも長いことが理解されよう。本開示に頼る当業者は、誘導プラズマトーチ２００の様々な構成要素のジオメトリを、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の冷却要件を含む誘導プラズマトーチ２００の動作ニーズ及びメンテナンスニーズに応じて適合化することが可能である。

【００３５】

誘導プラズマトーチ２００の別の変形例では、プラズマ閉じ込めチューブ２１８は、環状チャネル２２４を通り流れる冷却流体に対して透過性を有する材料から作製され得る。この場合には、冷却流体の一部が、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の材料を透過して、プラズマ閉じ込めチューブ２１８の内方表面２３８上に冷却流体膜を形成し得る。この膜の冷却流体は、誘導プラズマトーチ２００内で生成される熱により蒸発される。有利には、冷却流体は、蒸発された場合にプラズマ生成可能なガスを形成するように選択される。

【００３６】

図４は、一実施形態によるインサート４１６及び容量シールド４４０を有する誘導プラズマトーチ４００の正面立面断面図である。図５は、図４の誘導プラズマトーチ４００のプラズマ閉じ込めチューブ４１８、インサート４１６、及び容量シールド４４０の斜視部分破断図である。図６は、図４の誘導プラズマトーチ４００の管状トーチ本体４０４の斜視部分破断図である。図４～図６を同時に参照すると、誘導プラズマトーチ４００は、図２及び図３を参照として本明細書で上述した誘導プラズマトーチ２００の要素の殆どを備える。同一の参照数字は、両実施形態において同一である要素を識別するために使用される。

【００３７】

図４～図６に示すように、誘導プラズマトーチ４００は、非限定的ではあるがキャスト

セラミック又はポリマーマトリクス複合材料から作製され得る管状トーチ本体４０４を備える。また、管状トーチ本体４０４は、上流セクション４０６、中央セクション４０７、及び下流セクション４０８を有して形成される。上流セクション４０６は、内方円筒状表面４１０を画定する。中央セクション４０７は、上流セクション４０６から環状ショルダ４１４へと漸減して裁頭円錐状表面４１１を形成する内径を有する。最後に、下流セクション４０８は、内方円筒状表面４１２を画定する。環状ショルダ４１４は、中央セクション４０７の内方裁頭円錐状表面４１１と、下流セクション４０８の内方円筒状表面４１２とを隔てる。

【００３８】

また、誘導プラズマトーチ４００は、２０２で全体的に示されるガス分配ヘッドを備える。ガス分配ヘッド２０２は、誘導プラズマトーチ４００の管状トーチ本体４０４の上流端部に取り付けられる。本明細書で上述したように、ガス分配ヘッド２０２は、特にしかし非排他的ではあるが誘導プラズマトーチ４００に上述のプラズマガス及びシースガスを供給するように設計される。誘導プラズマトーチ４００は、管状トーチ本体４０４の下流端部に取り付けられた環状の、例えば円形又は楕円形のプラズマ出口ノズル２４０をさらに備える。ガス分配ヘッド２０２及びプラズマ出口ノズル２４０は、誘導プラズマトーチの分野において周知であり、したがって本明細書ではさらには説明しない。

【００３９】

インサート４１６は、管状であり、例えばスプリットシリンダの２つの半円筒状セクションから作製される。管状インサート４１６は、管状トーチ本体４０４の下流セクション４０８の内方表面４１２上に位置決めされる。また、インサート４１６は、環状ショルダ４１４に当接する上流端部と下流端部とを有する。図示するように、インサート４１６は、（ａ）管状トーチ本体４０４の下流セクション４０８の内方表面４１２の一定の内径に対応する一定の外径と、（ｂ）軸方向のプラズマ流方向２２２における上流端部から漸減して同方向において管状インサート４１６の厚さを増大させ箇所４４２に至るまで裁頭円錐状内方表面４２６を形成する内径とを有し、この箇所４４２において、内径は一定を維持して、管状インサート４１６の厚さを一定に維持し、内方円筒状表面４２７を形成する。図４から分かるように、インサート４１６の上流端部の厚さは、環状ショルダ４１４の幅に等しく、それにより管状トーチ本体４０４の中央部分４０７の内方裁頭円錐状表面４１１は、インサート４１６の内方裁頭円錐状表面４２６と共に連続的な内方裁頭円錐状面を形成する。インサート４１６は、テフロン（商標）から又は同様のもしくは適切な物理的特性を有する別の材料から作製され得る。

【００４０】

誘導プラズマトーチ４００は、プラズマ閉じ込めチューブ４１８を備える。高耐熱性及び高熱伝導性のセラミック材料から作製され得るプラズマ閉じ込めチューブ４１８は、管状トーチ本体４０４内においてこの管状トーチ本体４０４と同軸にガス分配ヘッド２０２とプラズマ出口ノズル２４０との間に配設される。プラズマ閉じ込めチューブ４１８は、一定の内径と、例えば誘導コイル４２８の領域の領域に外径とを有し、この外径は、軸方向のプラズマ流方向２２２において漸減してプラズマ閉じ込めチューブ４１８の外方表面の裁頭円錐状部分４１９を形成し、それにより同方向において管状壁部４２０の厚さを漸減させる。図示する例では、プラズマ閉じ込めチューブ４１８の管状壁部４２０の厚さの漸減が、誘導コイル４２８の領域に限定されるため、プラズマ閉じ込めチューブ４１８は、より大きな直径の外方円筒状表面部分４２１を有するより大きな一定厚さの上流セクションと、より小さな直径の外方円筒状表面部分４２３を有するより小さな一定厚さの下流セクションとを備える。

【００４１】

上述のように、環状シートが、プラズマ閉じ込めチューブ４１８の対応する端部を受け、管状トーチ本体４０４内でこのプラズマ閉じ込めチューブ４１８を適切に位置決めするために、ガス分配ヘッド２０２及びプラズマ出口ノズル２４０の上に形成される。特に、図５に示すように、プラズマ閉じ込めチューブ４１８の下流端部は、プラズマ出口ノズル

２４０の相補的な環状シート２４１内に受けられるような外方環状ショルダ／フランジ延在部４５０を備える。

【００４２】

環状チャネル４２４が、一方における管状トーチ本体４０４の上流セクション４０６の内方表面４１０、中央セクション４０７の内方裁頭円錐状表面４１１、ならびにインサート４１６の内方裁頭円錐状表面４２６及び円筒状表面４２７と、他方におけるプラズマ閉じ込めチューブ４１８の外方表面部分４１９、４２１、及び４２３との間に画定される。環状チャネル４２４は、プラズマ閉じ込めチューブ４１８を冷却するために冷却流体（図示せず）を受けるように構成される。限定するものではないが、環状チャネル４２４は、中でプラズマが生成されるプラズマ閉じ込めチューブ４１８の少なくとも実質的なセクションにわたり一定の厚さを有し得る。環状チャネル４２４が十分な薄さである場合には、高速の冷却流体流がその中で確立されることにより、プラズマ閉じ込めチューブ４１８が効率的に冷却され得る。冷却流体の非限定的な例としては、脱イオン水などの水又は別の適切な冷却液体が含まれる。具体的には、冷却流体は、出口ノズル２４０内に形成された環状冷却流体入口４３２に供給され、環状チャネル４２４を通り流れ、管状トーチ本体４０４及びガス分配ヘッド２０２に形成された環状冷却流体出口４３４を通り排出される。限定するものではないが、冷却流体は、軸方向のプラズマ流方向２２２とは逆の方向へと冷却チャネル４２４内を流れる。図示する実施形態では、環状冷却流体入口４３２から環状チャネル４２４への冷却流体の通過を助長するために、４３６などの複数の半円開口が、インサート４１６の環状下流端部の外縁に機械加工される。また、環状冷却流体入口４３２及び環状チャネル４２４から冷却流体を通過させるための他の構成を予期することが可能である。

【００４３】

図２の実施形態におけるように、誘導プラズマトーチ４００は、管状トーチ本体４０４内に同軸に埋設された、例えば上述の誘導コイル４２８などの誘導結合部材を備える。

【００４４】

図４～図６に図示するように、誘導プラズマトーチ４００は、管状トーチ本体４０４の上流セクション４０６及び中央セクション４０７の内方表面４１０及び４１１の材料内に埋設された例えば金属などの導電性材料のチューブなどの層から形成された管状容量シールド４４０を備える。一実施形態では、例えば導電性材料のチューブなどの層は、管状トーチ本体４０４の内方壁部すなわち管状トーチ本体の内方表面４１０及び４１１と共に機械加工されるのに十分な厚さであり、この機械加工により、これらの内方表面４１０及び４１１上に前記導電性材料層が露出され、管状トーチ本体４０４の内方壁部の平滑表面が生成される。

【００４５】

例えば容量シールド４４０を形成する導電性材料チューブなどの層は、管状トーチ本体４０４の上流セクション４０６の頂部部分に位置する上流リング４４４により相互連結される、４４２などの下流軸方向ストリップへとセグメント化されてもよい。また、容量シールド４４０は、管状トーチ本体４０４の上流セクション４０６及び中央セクション４０７の内方表面４１０及び４１１に簡単に適用され得る。

【００４６】

誘導結合部材４２８は、おおむね容量シールド４４０のレベルにて及びその外部に位置決めされる。したがって、容量シールド４４０は、プラズマガス流が誘導結合部材４２８からエネルギーを受けるプラズマ閉じ込めチューブ４１８のエリアの大部分を覆う。したがって、容量シールド４４０は、誘導プラズマトーチ４００におけるプラズマガス放電に結合する容量エネルギーを低下させ、それにより迷走アークの発生を解消しないにせよ実質的に軽減する。

【００４７】

上述の誘導プラズマトーチ２００及び４００では、外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０は、誘導プラズマトーチ２００／４００内において定位置にインサート２

１６／４１６を維持するように構成される。これを目的として、外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０は、インサート２１６／４１６の下流端部に当接するショルダ２５１／４５１を画定する。また、ショルダ２５１／４５１を備える外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０の使用は、環状シート２４１内に位置決めされる場合に、管状トーチ本体２０４／４０４内におけるプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の正確な位置決めを可能にする。明らかであるが、外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０は、それが存在する場合には誘導プラズマトーチ２００／４００の上流端部からの取外しのためにプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８が上方摺動するのを防止する。

【００４８】

図７ａ、図７ｂ、及び図７ｃは、図４の線Ａ－Ａ、Ｂ－Ｂ、及びＣ－Ｃにそれぞれ沿った誘導プラズマトーチ４００の断面図である。

【００４９】

図７ａで視認可能な容量シールド４４０は、図４の誘導プラズマトーチ４００内にのみ存在する。図７ｂ及び図７ｃの図は、図２及び図４に示す誘導プラズマトーチ２００及び４００の両方に該当し得る。

【００５０】

図７ｂは、インサート２１６／４１６が、軸方向切れ目４５４により分離された少なくとも２つの相補的な半円筒状セクション２１６Ａ及び２１６Ｂ／４１６Ａ及び４１６Ｂを備えるのを図示する。これらの相補的セクション２１６Ａ及び２１６Ｂ／４１６Ａ及び４１６Ｂは、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８を完全に周方向に囲み、管状トーチ本体２０４／４０４の下流端部を通して管状トーチ本体２０４／４０４から外にプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８及びインサート２１６／４１６を摺動させ次いで軸方向切れ目４５４に沿って相互から外すことによって誘導プラズマトーチ２００／４００から分解除去され得る。

【００５１】

図７ｃは、インサート２１６／４１６の環状下流端部の外縁に機械加工され分散された２３６／４３６などの複数の半円開口を特に示す。

【００５２】

図７ａ、図７ｂ、及び図７ｃは縮尺通りではないが、プラズマ閉じ込めチューブ４１８の管状壁部が図４の線Ａ－Ａ、Ｂ－Ｂ、及びＣ－Ｃに沿った断面同士の間で厚さが減少することを図示する。環状チャネル２２４／４２４は、それらのレベルにおいてかなり一定の厚みを有する。

【００５３】

誘導コイル２２８／４２８の領域では、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の管状壁部２２０／４２０の、その長さに沿った所与断面に対する可変厚さが、以下のように計算され得る。

【００５４】

【数１】

$$\delta_w = \frac{k\Delta T}{q} \qquad (1)$$

【００５５】

ここで、δ_wは、メートルで表された、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の上流端部から選択された距離に位置する管状壁部２２０／４２０の厚さである。

【００５６】

ｋは、ワット／メートル及びワット／ケルビンで表された、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８を形成する材料の熱伝導率である。

【００５７】

ΔＴは、ケルビンで表された、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の管状壁部２２０／４２０中における許容される温度差である。

【００５８】

ｑは、ワット／平方メートルで表された、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の上流端部から選択された距離に位置するプラズマ閉じ込めチューブへの熱流束である。

【００５９】

誘導プラズマトーチ２００／４００の動作により引き起こされる熱流束を認識し、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の熱伝導率及び耐熱性ならびに望ましい耐久性を認識することにより、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の厚さ変化と、これから誘導プラズマトーチ２００／４００の他の構成要素の幾何学的寸法とを確定することが可能となる。

【００６０】

図８は、誘導プラズマトーチが１００ｋＷで動作している場合の、（ａ）一定厚さのプラズマ閉じ込めチューブの、及び（ｂ）図２又は図３に図示するようなプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部への軸方向熱流束分布を示すグラフである。図８に図示する計算結果を得るために、ＴＥＫＮＡ、Ｓｈｅｒｂｒｏｏｋｅ、ＱＣ、Ｃａｎａｄａからのモデル ＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用した。初めに、標準的なＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用して計算値及び測定値を得た。次いで、図２及び図３に導入される特徴を使用してＰＬ－７０誘導プラズマトーチを修正することによりプロトタイプを作製した。これらのいずれの場合でも、プラズマ閉じ込めチューブの内径は７０ｍｍであり、プラズマは大気圧にてアルゴン及び水素の混合物から構成され、誘導プラズマトーチは１００ｋＷのプレート出力で動作し、６５ｋＷの出力がプラズマ放電に結合される。

【００６１】

図８では、グラフ８００は、誘導プラズマトーチ２００／４００の一部の部分概略図８５０を伴う。グラフ８００は、その水平方向軸においてプラズマ閉じ込めチューブのその上流端部からの長さに沿った軸方向距離をミリメートルで示す。矢印８５２及び８５４は、誘導結合部材２２８／４２８の位置に対して、部分概略図８５０に沿ったこの軸方向距離の視覚化を可能にする。グラフ８００の左側の第１の垂直軸は、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の管状壁部２２０／４２０上の熱流束をワット／平方メートルで示す。グラフ８００の右側の第２の垂直軸は、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部に関する温度をケルビンで示す。曲線８０２は、誘導結合部材２２８／４２８の中心の周囲では約１．４×10^6Ｗ／m^2の最大値に達し、誘導結合部材２２８／４２８の上流端部では約０．３×10^6Ｗ／m^2まで低下し、誘導結合部材２２８／４２８の下流端部では約０．５×10^6Ｗ／m^2まで低下する熱流束の変動を示す。

【００６２】

標準的なＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用した場合に、温度曲線８０４に示すプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の温度は、熱流束曲線８０２の傾向にほぼ従い、最大熱流束位置にて７００Ｋに近い最大値に達し、誘導結合部材２２８／４２８の上流端部及び下流端部においてそれぞれ約４００Ｋ及び５００Ｋまで漸減する。

【００６３】

図２及び図３に示すような厚さが漸減するプラズマ閉じ込めチューブを使用することにより、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の温度プロファイルは、温度曲線８０６に示すように著しく平坦状になる。この場合の最大管状壁部温度は４５０Ｋ未満であり、これは均一な管状厚さで得られる７００Ｋという値よりも大幅に低いことに気付かれよう。

【００６４】

図９は、誘導プラズマトーチが１４０ｋＷで動作している場合の、（ａ）一定厚さのプラズマ閉じ込めチューブの、及び（ｂ）図２又は図３に図示するようなプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部に対する軸方向熱流束分布を示すグラフである。初めに標準構成を有する同一のモデルＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用し、次いで図２又は図４で導入される特徴を使用したＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用した。図８と図９との間の違い

は、図９の場合にはより高い動作出力で結果が得られたという点である。

【００６５】

図９では、グラフ９００は、誘導プラズマトーチ２００／４００の一部の部分概略図９５０を伴う。グラフ９００は、その水平方向軸においてプラズマ閉じ込めチューブのその上流端部からの長さに沿った軸方向距離をミリメートルで示す。矢印９５２及び９５４は、誘導結合部材２２８／４２８の位置に対して、部分概略図９５０に沿ったこの軸方向距離の視覚化を可能にする。グラフ９００の左側の第１の垂直軸は、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部上の熱流束をワット／平方メートルで示す。グラフ９００の右側の第２の垂直軸は、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部に関する温度をケルビンで示す。曲線９０２は、誘導結合部材２２８／４２８の中心の周囲では約２．２×１０^{6}Ｗ／ｍ^{2}の最大値に達し、誘導結合部材２２８／４２８の上流端部では約０．２×１０^{6}Ｗ／ｍ^{2}まで低下し、誘導結合部材２２８の下流端部では約０．７×１０^{6}Ｗ／ｍ^{2}まで低下する熱流束の変動を示す。

【００６６】

標準的なＰＬ－７０誘導プラズマトーチを使用した場合に、温度曲線９０４に示すプラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の温度は、熱流束曲線９０２の傾向にほぼ従い、最大熱流束位置にて１０００Ｋに近い最大値に達し、誘導結合部材２２８／４２８の上流端部及び下流端部においてそれぞれ約４７０Ｋ及び６００Ｋまで漸減する。

【００６７】

図２及び図３に示すような厚さが漸減するプラズマ閉じ込めチューブを使用することにより、誘導プラズマトーチの動作出力がより高いにもかかわらず、プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部の温度プロファイルは、温度曲線９０６に示すように依然として著しく平坦状になる。この場合の最大管状壁部温度は約５５０Ｋであり、これは、均一な管状壁部厚さで得られる１０００Ｋという値よりも大幅に低く、プラズマ閉じ込めチューブが均一な管状壁部厚さを有する場合の１００ｋＷのプレート出力で得られる最大値７００Ｋよりも依然として低いことに気付かれよう。

【００６８】

プラズマ閉じ込めチューブの管状壁部における温度勾配は、図４の容量シールド４４０の存在によって大幅に影響を被らず、その結果としてグラフ８００の曲線８０６及びグラフ９００の曲線９０６は、図２及び図４の両実施形態に該当することに気付かれよう。また、温度曲線８０４、８０６、９０４、及び９０６は冷却流体に対する透過性を有さないプラズマ閉じ込めチューブを使用して得られたものである点に気付かれよう。

【００６９】

本技術は、管状壁部２２０／４２０に印加される極熱を低下させるが、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８は、最終的に交換の必要性を生じさせる高温を依然として被る。インサート２１６／４１６を有さない誘導プラズマトーチ２００／４００の構成は、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の交換を非常に困難にし、おそらくいくつかの構成では不可能にすることが当業者には理解されよう。プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８は、その上流端部がより厚いため、かなり一定の厚さを有する薄い環状チャネル２２４／４２４を実現するために直径が一定で縮小する状態でこの内方表面が延在している場合には、管状トーチ本体２０４／４０４の内部表面の外縁に衝突することなしに管状トーチ本体２０４／４０４から下方摺動することは不可能となる。

【００７０】

トーチ本体の内部表面が一定の直径を有するという解決策により、プラズマ閉じ込めチューブの取外し及び交換が可能となり得るが、この解決策は、冷却に関しては性能が低い。なぜならば、この解決策により、環状冷却チャネルの底端部がより厚くなるからである。トーチ本体内で上方摺動することによりプラズマ閉じ込めチューブが取り外されるという別の解決策は、誘導プラズマトーチの分配ヘッドの取外しが必要となるため大きな人力が必要となる。さらに、この解決策は、プラズマ閉じ込めチューブの下流端部に２５０／４５０などの外方環状ショルダ／フランジ延在部が存在する場合には完全に実現不能とな

る。

【００７１】

プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８が外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０を備える誘導プラズマトーチ２００／４００のプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８を取り外すための方法は、管状トーチ本体２０４／４０４からプラズマ出口ノズル２４０を取り外すステップを含む。プラズマ出口ノズル２４０の取外しにより、プラズマ出口ノズル２４０の環状シート２４１からプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０が解放される。次いで、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８は、管状インサート２１６／４１６と共に方向２２２へと外方に引っ張られて、ガス分配ヘッド２０２の環状シートからプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の上流端部を移動させ、管状トーチ本体２０４／４０４の下流セクション２０８／４０８の内方表面２１２／４１２からインサート２１６／４１６を移動させることが可能となる。プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８及びインサート２１６／４１６が管状トーチ本体２０４／４０４の内部から取り外された後に、管状インサート２１６／４１６は、軸方向切れ目４５４にて２つの相補的な半円筒状セクション２１６Ａ、２１６Ｂ／４１６Ａ、４１６Ｂを相互から分離させることによりプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８から分解除去され得る（図７ｂ）。環状ショルダ４１４における管状トーチ本体４０４の内径は、より大きな外径を有するプラズマ閉じ込めチューブ４１８の上流セクションが管状トーチ本体４０４から外に摺動することが可能となるのに十分な大きさである点に留意されたい。

【００７２】

次いで、新たなプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８が、誘導プラズマトーチ２００／４００内に取り付けられ得る。このために、インサート２１６／４１６の相補的な半円筒状セクション２１６Ａ、２１６Ｂ／４１６Ａ、４１６Ｂは、軸方向切れ目４５４にて共に組み付けられ、新たなプラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８上に定位置に配置される。アセンブリインサート／プラズマ閉じ込めチューブは、次いで管状トーチ本体２０４／４０４の下流端部を通りこの管状トーチ本体内に導入され、インサート２１６／４１６は、管状トーチ本体２０４／４０４の下流セクション２０８／４０８の内方表面２１２／４１２上で定位置に摺動され、プラズマ閉じ込めチューブ２１８／４１８の上流端部は、ガス分配ヘッド２０２の環状シート上に配置される。最後に、プラズマ出口ノズル２４０は、環状シート２４１内に外方環状ショルダ／フランジ延在部２５０／４５０が位置する状態で管状トーチ本体２０４／４０４上に取り付けられる。

【００７３】

誘導プラズマトーチの及びプラズマ閉じ込めチューブ交換方法の説明は、もっぱら例示的なものであり、決して限定的なものとして意図されない点が当業者には理解されよう。他の実施形態が、本開示の利益を享受する当業者には容易に想起されよう。さらに、開示した誘導プラズマトーチ及びプラズマ閉じ込めチューブ交換方法は、誘導プラズマトーチにおける迷走アークの発生を軽減又は解消させると共にプラズマのエネルギー密度を上昇させることに対する既存の必要性に対する有益な解決策をもたらすようにカスタマイズされてもよい。

【００７４】

明瞭化のために、誘導プラズマトーチの実装形態の定型的な特徴及びプラズマ閉じ込めチューブ交換方法の全てが、図示及び説明されるわけではない。当然ながら、誘導プラズマトーチの及びプラズマ閉じ込めチューブ交換方法のかかる任意の実際の実施形態の展開では、用途関連の、システム関連の、及び事業関連の制約の順守などの展開者ごとの個別の目的を達成するために、実装形態に固有の多数の決定がなされる必要があり得る点が、ならびにこれらの個別の目的が実装形態ごとに及び展開者ごとに異なる点が理解されよう。さらに、展開作業は、複雑かつ多大な時間を要するものであるが、本開示の利益を享受する誘導プラズマトーチ分野の当業者にとっては慣例的なエンジニアリング作業である点が理解されよう。

【００７５】
本開示を、例として提示される非限定的な例示の実施形態によって前出の明細書内で説明した。これらの例示の実施形態は、随意に修正されてもよい。特許請求の範囲は、これらの例に示される実施形態により限定されるべきではなく、全体としての本説明と矛盾しない最大限の解釈を与えられるべきである。
【符号の説明】
【００７６】
１００　誘導プラズマトーチ
１０２　プラズマ閉じ込めチューブ
１０４　水冷式誘導コイル、誘導コイル
１０５　電気端子
１０６　管状トーチ本体
１０８　プラズマガス
１１０　プラズマ
１１２　シースガス
１１４　粉末材料
１２０　高周波磁場、磁場
１２２　領域
１２４　出口
２００　誘導プラズマトーチ
２０２　ガス分配ヘッド
２０４　管状トーチ本体
２０６　上流セクション
２０８　下流セクション
２１０　より小径の内方表面、内方表面
２１２　より大径の内方表面、内方表面
２１４　環状ショルダ
２１６　インサート、管状インサート
２１６Ａ　半円筒状セクション、相補的セクション
２１６Ｂ　半円筒状セクション、相補的セクション
２１８　プラズマ閉じ込めチューブ
２１９　外方表面の裁頭円錐状部分、外方表面部分
２２０　管状壁部
２２１　より大きな直径の外方円筒状表面部分、外方表面部分
２２２　軸方向のプラズマ流方向
２２３　より小さな直径の外方円筒状表面部分、外方表面部分
２２４　環状チャネル
２２６　裁頭円錐状内方表面、内方裁頭円錐状表面
２２７　内方円筒状表面
２２８　誘導コイル、誘導結合部材
２３０　電気端子
２３２　環状冷却流体入口
２３４　環状冷却流体出口
２３６　半円開口
２３８　内方表面
２４０　プラズマ出口ノズル
２４１　相補的な環状シート
２４２　箇所
２５０　外方環状ショルダ／フランジ延在部
２５１　ショルダ

４００　誘導プラズマトーチ
４０４　管状トーチ本体
４０６　上流セクション
４０７　中央セクション
４０８　下流セクション
４１０　内方円筒状表面、内方表面
４１１　裁頭円錐状表面、内方裁頭円錐状表面、内方表面
４１２　内方円筒状表面、内方表面
４１４　環状ショルダ
４１６　インサート、管状インサート
４１６Ａ　半円筒状セクション、相補的セクション
４１６Ｂ　半円筒状セクション、相補的セクション
４１８　プラズマ閉じ込めチューブ
４１９　外方表面部分、外方表面の裁頭円錐状部分
４２０　管状壁部
４２１　より大きな直径の外方円筒状表面部分、外方表面部分
４２３　より小さな直径の外方円筒状表面部分、外方表面部分
４２４　環状チャネル、冷却チャネル
４２６　裁頭円錐状内方表面、内方裁頭円錐状表面
４２７　内方円筒状表面
４２８　誘導コイル、誘導結合部材
４３２　環状冷却流体入口
４３４　環状冷却流体出口
４３６　半円開口
４４０　容量シールド
４４２　箇所、下流軸方向ストリップ
４４４　上流リング
４５０　外方環状ショルダ／フランジ延在部
４５１　ショルダ
４５４　軸方向切れ目

【図１】

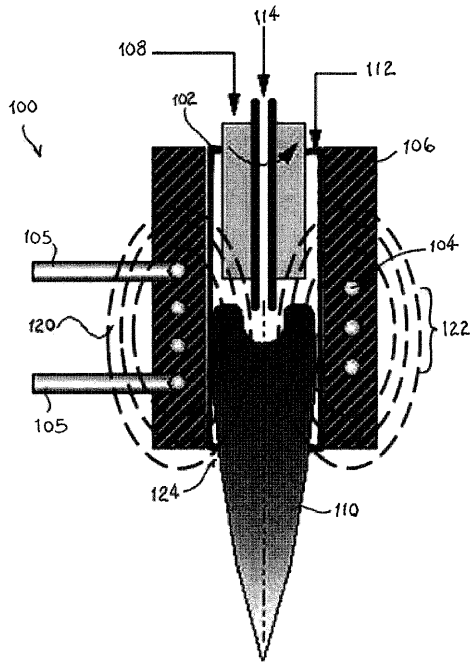


Figure 1

【図２】

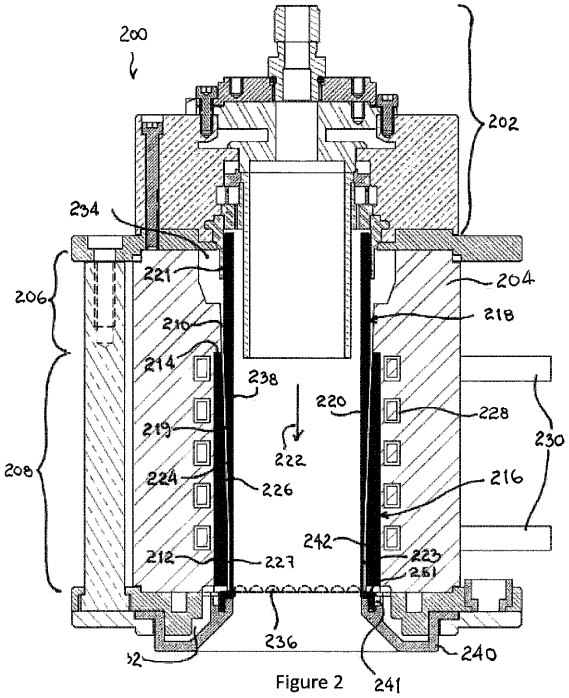


Figure 2

【図３】

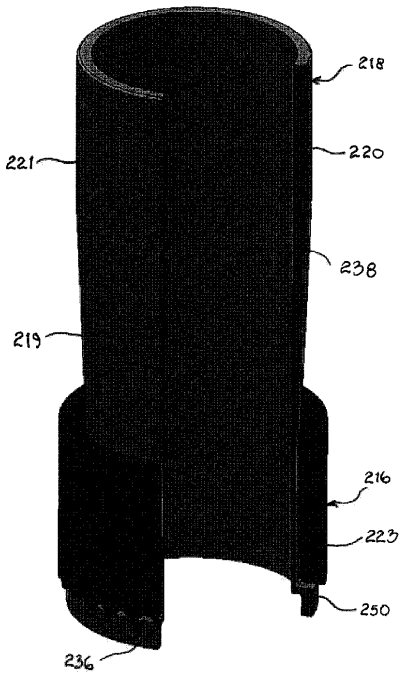


Figure 3

【図４】

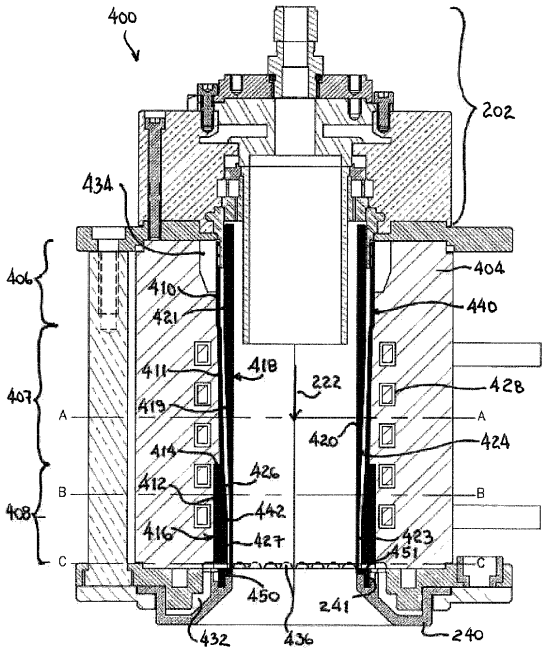


Figure 4

【図５】

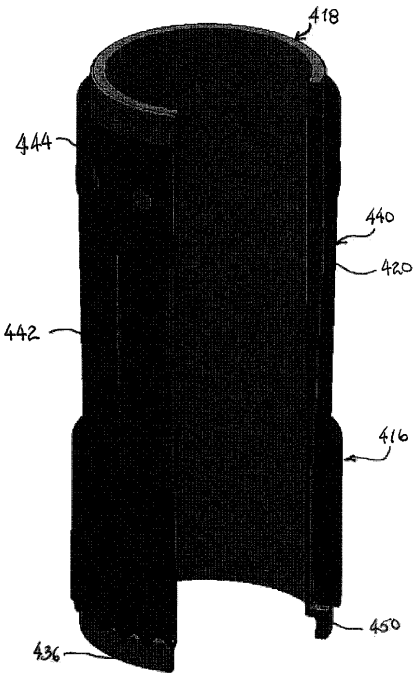


Figure 5

【図６】

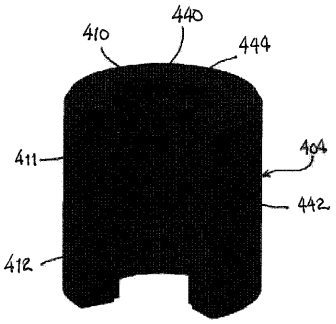


Figure 6

【図７ａ】

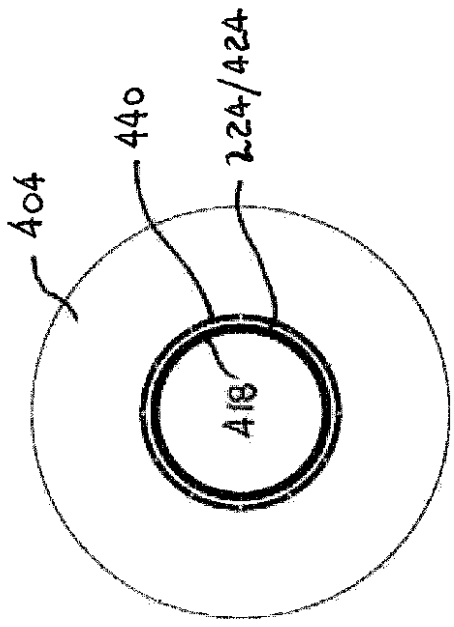


Figure 7a

【図７ｂ】

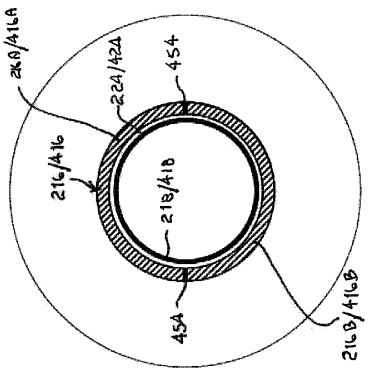


Figure 7b

【図７ｃ】

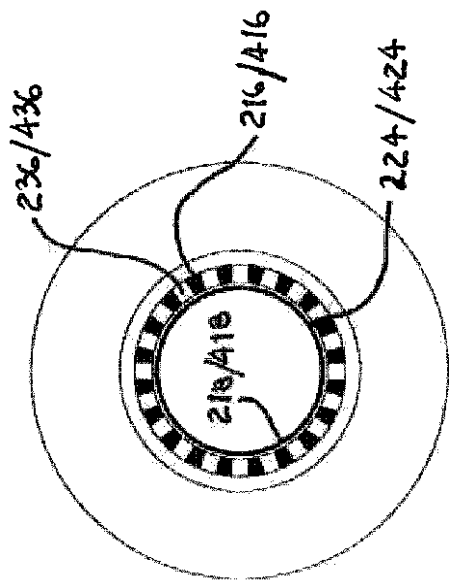


Figure 7c

【図８】

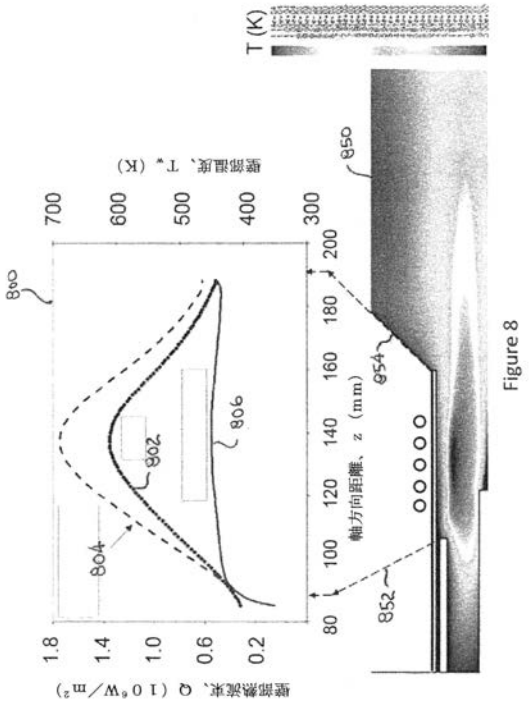


Figure 8

【図９】

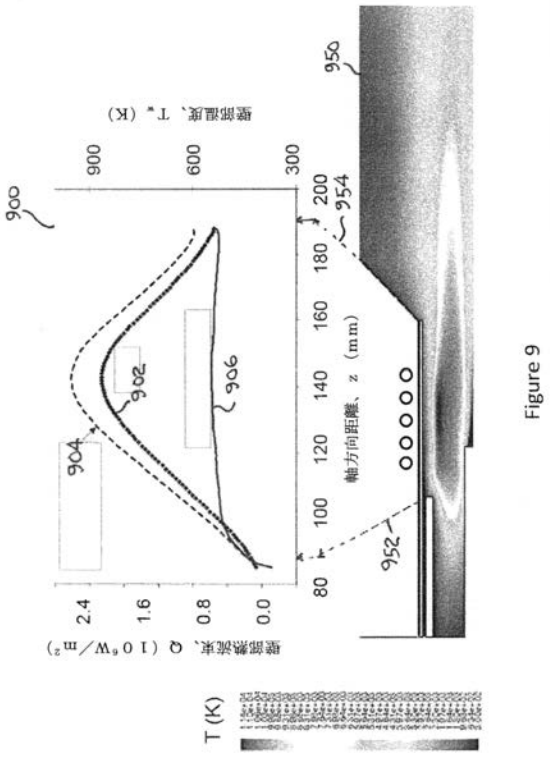


Figure 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2016/050754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC: ***H05H 1/26*** (2006.01)

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)
IPC: H05H 1/26 (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used)
Database: Questel Orbit; Google Patents
Keywords: plasma, torch, annul+, tub+, conic+, cylind+, cool+, frusto+; capacitive; shield; axial

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US2003080097 A1, Boulos et al, 01 May 2003 (01-05-2003) *Fig. 1; claim 1; paragraphs [0002-0047, 0050]	1-5, 10-14, 19-29 7-9, 16-18
X Y	US2012261390 A1, Boulos et al, 18 October 2012 (18-10-2012) * claim 1; paragraph [0030]	30, 31 7-9, 16-18
A	US5340961, Bebber et al, 23 August 1994 (23-08-1994) * Fig. 1; column 1 lines 16-column 2 line 9; column 4 line 14-column 5 line 21	1, 10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 26 October 2016 (26-10-2016)	Date of mailing of the international search report 26 October 2016 (26-10-2016)
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 819-953-2476	Authorized officer Leslie Yeow (819) 934-0345

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2016/050754

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The claims are directed to a plurality of inventive concepts as follows:

Group A - Claims 1-29 are directed to an induction plasma torch having a plasma confinement tube coaxial with the tubular body, the plasma confinement tube has a tubular wall with a thickness tapering off in an axial direction of plasma flow; and

Group B - Claims 30 and 31 are directed to a tubular torch body having an inner wall and an inner capacitive shield including a layer of electrically conduction material that is segmented into axials strips and defines a ring.

1. ☑ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.:

1-31

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☑ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CA2016/050754

Patent Document Cited In Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US2003080097 A1	01 May 2003 (01-05-2003)	US2003080097A1	01 May 2003 (01-05-2003)
		US6693253B2	17 February 2004 (17-02-2004)
		AT519357T	15 August 2011 (15-08-2011)
		AU2003273687A1	04 May 2004 (04-05-2004)
		CA2462067A1	17 April 2003 (17-04-2003)
		CN1572127A	26 January 2005 (26-01-2005)
		CN1283131C	01 November 2006 (01-11-2006)
		DK1433366T3	21 November 2011 (21-11-2011)
		ES2371022T3	26 December 2011 (26-12-2011)
		JP2005505906A	24 February 2005 (24-02-2005)
		JP4317451B2	19 August 2009 (19-08-2009)
		KR20050033515A	12 April 2005 (12-04-2005)
		KR100890630B1	27 March 2009 (27-03-2009)
		KR20090005409A	13 January 2009 (13-01-2009)
		KR100941479B1	10 February 2010 (10-02-2010)
		RU2004113558A	27 April 2005 (27-04-2005)
		RU2295206C2	10 March 2007 (10-03-2007)
		US2005017646A1	27 January 2005 (27-01-2005)
		US6919527B2	19 July 2005 (19-07-2005)
		WO03032693A1	17 April 2003 (17-04-2003)
		WO2004034752A1	22 April 2004 (22-04-2004)
US2012261390 A1	18 October 2012 (18-10-2012)	US2012261390A1	18 October 2012 (18-10-2012)
		US9380693B2	28 June 2016 (28-06-2016)
		CA2826474A1	09 August 2012 (09-08-2012)
		CN103503579A	08 January 2014 (08-01-2014)
		EP2671430A1	11 December 2013 (11-12-2013)
		JP2014509044A	10 April 2014 (10-04-2014)
		KR20140007888A	20 January 2014 (20-01-2014)
		RU2013140578A	10 March 2015 (10-03-2015)
		WO2012103639A1	09 August 2012 (09-08-2012)
US5340961	23 August 1994 (23-08-1994)	US5340961A	23 August 1994 (23-08-1994)
		AT127652T	15 September 1995 (15-09-1995)
		AU8074491A	04 February 1992 (04-02-1992)
		CA2086821A1	12 January 1992 (12-01-1992)
		CN1058126A	22 January 1992 (22-01-1992)
		DE4022112A1	23 January 1992 (23-01-1992)
		DE59106433D1	12 October 1995 (12-10-1995)
		EP0538293A1	28 April 1993 (28-04-1993)
		ES2076536T3	01 November 1995 (01-11-1995)
		FI921559A	08 April 1992 (08-04-1992)
		JPH06501127A	27 January 1994 (27-01-1994)
		JP3017802B2	13 March 2000 (13-03-2000)
		NO920831A	03 March 1992 (03-03-1992)
		NO175340B	20 June 1994 (20-06-1994)
		WO9201360A1	23 January 1992 (23-01-1992)
		ZA9105337B	31 March 1993 (31-03-1993)

フロントページの続き

(81)指定国 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,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,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,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,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,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 イェジー・ダブリュー・ジュルビッチ
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｊ・４Ｂ３・シャーブルック・リュ・ドゥ・ジュネーヴ・２３９５
(72)発明者 ニコラ・ディニャール
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｒ・０Ｓ２・シャーブルック・デ・コンドル・１７１
(72)発明者 アレクサンドル・オージェ
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｌ・１Ａ４・シャーブルック・リュ・メジー・２９０５・＃４３
(72)発明者 セバスティアン・テレン
カナダ・ケベック・Ｊ１Ｎ・３Ｎ９・シャーブルック・リュ・ジョセフ－パリソー・２８０

Ｆターム(参考) 2G084 BB02 BB07 BB30 BB31 CC13 CC23 CC25 DD03 DD13 DD22
FF04 FF33 FF39 GG02 GG07