

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6216313号
(P6216313)

(45) 発行日 平成29年10月18日(2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日(2017.9.29)

(51) Int.Cl.

H05H 1/34 (2006.01)
B01J 19/08 (2006.01)

F 1

H05H 1/34
B01J 19/08

E

請求項の数 13 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-504390 (P2014-504390)
(86) (22) 出願日	平成24年4月12日 (2012.4.12)
(65) 公表番号	特表2014-515866 (P2014-515866A)
(43) 公表日	平成26年7月3日 (2014.7.3)
(86) 國際出願番号	PCT/GB2012/050803
(87) 國際公開番号	W02012/140425
(87) 國際公開日	平成24年10月18日 (2012.10.18)
審査請求日	平成27年4月3日 (2015.4.3)
(31) 優先権主張番号	1106314.6
(32) 優先日	平成23年4月14日 (2011.4.14)
(33) 優先権主張国	英國 (GB)
(31) 優先権主張番号	1205602.4
(32) 優先日	平成24年3月29日 (2012.3.29)
(33) 優先権主張国	英國 (GB)

(73) 特許権者	507261364 エドワーズ リミテッド イギリス アールエイチ 15 9ティーダ ブリュ ウエスト サセックス バージェ ス ヒル イノヴェイション ドライブ
(74) 代理人	100092093 弁理士 辻居 幸一
(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 賢男
(74) 代理人	100088694 弁理士 弟子丸 健
(74) 代理人	100095898 弁理士 松下 满
(74) 代理人	100098475 弁理士 倉澤 伊知郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマトーチおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電性カソードおよび導電性アノードを有し、これらの導電性カソードおよび導電性アノードは、これらの間にギャップを形成すべく互いに間隔を隔てて配置され、少なくとも一部が前記ギャップ内に配置されかつ使用時にガスが前記ギャップを通って流れることを可能にするチャネルを備えた金属渦巻きブシュと、前記導電性カソードと前記金属渦巻きブシュとの間および前記導電性アノードと前記金属渦巻きブシュとの間のいずれか一方または両方に介在され、前記金属渦巻きブシュのセラミックコーティングを含むセラミック電気遮断要素とを更に有することを特徴とする D C プラズマトーチ。

【請求項 2】

前記セラミックコーティングは、絶縁性酸化物を含むことを特徴とする請求項 1 記載の D C プラズマトーチ。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の D C プラズマトーチの製造方法であって、

前記絶縁性酸化物は、前記金属渦巻きブシュの下地金属の表面を酸化させることにより形成されることを特徴とする D C プラズマトーチの製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の D C プラズマトーチの製造方法であって、

前記セラミックコーティングは、前記金属渦巻きブシュの基準表面より内方に延びている内方成長部分と、前記金属渦巻きブシュの基準表面より外方に延びている外方成長部分

とからなることを特徴とする D C プラズマトーチの製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の D C プラズマトーチの製造方法であって、

前記セラミックコーティングは、前記金属渦巻きブッシュの金属を、プラズマ電解酸化することにより形成されることを特徴とする D C プラズマトーチの製造方法。

【請求項 6】

前記セラミックコーティングは、ケロナイト法により形成されることを特徴とする請求項 5 記載の D C プラズマトーチの製造方法。

【請求項 7】

前記導電性カソードおよび前記導電性アノードの一方は円筒状の本体部分を有し、前記導電性カソードおよび前記導電性アノードの他方は管状の部分を有し、前記導電性カソードおよび前記導電性アノードの前記一方は、その少なくとも一部が、前記導電性カソードおよび前記導電性アノードの前記他方内に入れ子式にされ、かつ該他方から間隔を隔てていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の D C プラズマトーチ。 10

【請求項 8】

前記管状の部分の内部の幾何学的形状は、内方にテーパした截頭円錐状の第 1 部分を有し、該第 1 部分は、平行な側面を備えた第 2 のど部に導かれていることを特徴とする請求項 7 記載の D C プラズマトーチ。

【請求項 9】

前記平行な側面を備えたのど部は、外方にテーパした截頭円錐状の第 3 部分に導かれていることを特徴とする請求項 8 記載の D C プラズマトーチ。 20

【請求項 10】

前記円筒状の本体部分は、ボタン電極を更に有することを特徴とする請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項記載の D C プラズマトーチ。

【請求項 11】

前記円筒状の本体部分は、前記ボタン電極の熱伝導率および作動機能よりも高い熱伝導率および作動機能を有する金属で形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の D C プラズマトーチ。

【請求項 12】

前記ボタン電極は、熱電子材料で形成されていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の D C プラズマトーチ。 30

【請求項 13】

前記円筒状の本体部分は銅からなり、前記ボタン電極はハフニウムからなることを特徴とする請求項 10 記載の D C プラズマトーチ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明はプラズマトーチに関する。本発明は、半導体工業等のプロセスから生じる排気ガスの除害 (abatement) に特別な用途を有している。

【背景技術】

【0 0 0 2】

工業的プロセスから大気中に排出される有害ガスのエミッションを防止または制限することは、今や、科学分野および工業分野の両分野の大きな目標である。特に、プロセスガスの使用が本来的に非効率的である半導体工業においては、製造工場から大気中に排出されるガスの量を低減させることを 1 つの目標と定めている。破壊することが望まれる化合物の例として、フッ素、SF₆、NF₃またはペルフルオロカーボン (CF₄、C₂F₆等) のエッティングプロセスから生じるものがある。

【0 0 0 3】

排気ガス流からの好ましくないガスを破壊すなわち除害する 1 つの方法は、プラズマ除害装置を使用している。例えば下記特許文献 1 に開示されているように、燃焼による除害 50

に通常使用されている燃料ガスが容易に入手できない場合には、プラズマが特に有効である。

【0004】

除害装置用のプラズマは種々の方法で形成される。マイクロ波プラズマ除害システムは、幾つかのプロセスチャンバの排気口に連結できる。しかしながら、各装置は、システムにかなりのコストを付加するマイクロ波発生器を必要とする。DCプラズマトーチ除害装置は、単一のDC電源により複数のトーチを作動できる点で、マイクロ波プラズマ装置より優れている。

【0005】

図1には、既知のDCプラズマトーチの一例が断面図で概略的に示されている。トーチ 10 10は、ほぼ管状のアノード14の上流側開口内に部分的に重なり合ったほぼ円筒状のカソード12を有している。カソード12とアノード14との間には環状空間16が形成されており、該環状空間16を通って、アルゴンまたは窒素等のプラズマ源ガス(図示せず)が流れることができる。

【0006】

カソード12(任意であるが、アノード14)は電源(図示せず)に電気的に接続される。電源は、カソード12とアノード14との間にDC電圧を印加するか、カソード12およびアノード14のいずれか一方または両方にAC電圧を印加するように構成できる。所要電圧の大きさおよび周波数は、一般に、排気ガスまたはプラズマ源ガスの種および流量、カソード-アノードの間隔、ガス温度等の他のプロセスパラメータを考慮して概略的に決定されかつ選択される。いずれにせよ、適応する電圧条件は、ガスをイオン化させ、これによりプラズマを形成できるものである。 20

図1に示す従来技術の例では、管状アノード14の内部幾何学的形状は、上流側端部(図面の最上方に示す部分)から下流側端部(図面の最下方に示す部分)にかけて見て、内方にテーパした第1截頭円錐状部分18を有し、該第1截頭円錐状部分18は、実質的に平行な側面を有するのど部20に導かれ、該のど部20は外方にテーパした截頭円錐状部分22に導かれている。この幾何学的形状の効果は、流入ガスを加速しつつ圧縮して、カソード12の直ぐ下流側の領域内に、比較的高速かつ比較的高圧縮のガス24の小領域を形成する。

【0007】

カソード12は、面取りされた自由端28を備えたほぼ円筒状の本体部分26を有し、本体部分26の外面の幾何学的形状は、アノード14の内方にテーパした截頭円錐状部分18の内面の幾何学的形状に一致する。カソード12の本体部分26は、銅のような高導電性金属から作られ、通常は水冷される。カソード12のほぼ平らな下面30の中心には、軸線方向に突出したボタン型カソード32が設けられており、該ボタン型カソード32は優先放電部位を形成する。これは、ボタン32の材料として、カソード装置の主本体28の材料とは異なる材料を選択することにより達成される。すなわち、カソード本体28は、ボタンカソード32の熱電子材料よりも高い熱伝導率および作動機能を有する導電性材料で形成される。例えば、銅のカソード本体28およびハフニウムのボタン32を使用するのが通例である。アノード14は、カソード12の本体部分28と同様な材料、例えば銅で形成できる。 40

【0008】

ボタンカソード32は、比較的高速かつ高圧縮のガスの領域24内に配置される。このような構成の効果は、比較的高圧縮かつ高速状態、すなわちプラズマ34の形成に適した状態にあるときに、プラズマ源ガスの優先放電を行う領域を形成することである。かくしてプラズマ34は、カソード12の直ぐ下の領域内で核形成され、のど部20を通じてジェットとして流出し、その後、アノード14の外方にテーパした截頭円錐状部分22内で膨張しつつ減速する。

【0009】

図1のプラズマトーチの作動において、プラズマ源すなわちフィードガス(すなわち、

10

20

30

40

50

窒素、酸素、空気またはアルゴン等の適度に不活性のイオン化可能ガス)が、入口マニホールド(図示せず)を通って環状空間16に搬送される。プラズマトーチを開始すなわち始動させるためには、最初に、熱電子ボタンカソード32とアノード14との間でパイロットアークを発生させなくてはならない。これは、トーチ10の電源(図示せず)に接続されたジェネレータにより発生させることができる高周波数および高電圧信号により達成される。カソード装置の銅本体6とハフニウムボタン32との間の熱伝導率の差は、カソード温度が高くなり、電子がボタン32から優先的に放出されることを意味する。したがって、両電極12、14の間に上記信号が入力されると、プラズマ形成領域24内に流入するプラズマ源ガス中にスパーク放電が誘起される。スパークは、アノード14とカソード12との間に電流路を形成し、次に、制御された直流により、プラズマがアノード14とカソード12との間に維持される。出口のど部20を通過するプラズマ源は、イオン化された源ガスからなる高運動量プラズマフレアを発生させる。

【0010】

殆どの場合に、プラズマフレアは不安定で、アノード腐食を引き起こす。したがって、両電極12、14の間に入口プラズマガスの螺旋流または渦流を発生させることにより安定化させる必要がある。

【0011】

渦流すなわちガス渦を発生させる1つの方法は、渦巻きブシュ要素を備えたカソード装置を用いることである。図2には、この形式の既知の装置の一例が示されている。簡単化のため、図1および図2に表わされた同じ特徴は、同じ参照番号で示されかつ再び説明することは行わない。

【0012】

図2に示すカソード装置12は、環状渦巻きブシュ40が付加されている点を除き、図1に示したカソード装置と実質的に同じである。渦巻きブシュ40は、カソード12とアノード14との間に介在されたほぼ管状の要素から形成されている。図面からは明らかではないが、渦巻きブシュ40は、ガスの副流のための非軸流チャネルを形成する複数の非直線(例えば螺旋状)の溝またはベーンを有している。

【0013】

渦巻きブシュ40の外面は、アノード装置14の内方にテーパした截頭円錐状表面部分の一部と協働するように形成されている。渦巻きブシュ40の外面は、截頭円錐状アノード12の協働部分の内壁角度と実質的に一致し、かつその表面には、プラズマ源ガスの流れを案内する管路を形成する傾斜溝が設けられている。或いは、傾斜溝は、截頭円錐状アノード14の協働部分18の表面に形成することもできる。

【0014】

ベーンまたは溝の効果は、ガスの個々の副流が螺旋トラジェクトリに沿って流れるようにし、これにより、ガスの個々の副流が収斂する、比較的高速で比較的圧縮されたガス24の領域内に渦流を発生させることである。トーチ10ののど部20を通過して流出するときのガスの運動量の回転成分により、プラズマジェット34が自己安定化される。

【0015】

トーチ10を機能させるには、カソード12およびアノード14は互いに電気的に絶縁されなくてはならない。このため、カソード12とアノード14との間に配置されかつ互いに接触している全ての要素は、電気的に絶縁されなくてはならない。この場合、渦巻きブシュ40はPTFEのような誘電材料で製造されている。誘電材料は、両電極12、14間の電気的絶縁体として機能し、かつペルフルオロカーボンの除害中に作られる原子フッ素(atomic fluorine)のような高反応性プラズマイオンがこの領域を通る場合に、該高反応性プラズマイオンによる化学的攻撃にも或る程度耐えることができる。

【0016】

上記プラズマ除害装置10の構成部品は、長時間に亘って連続的に作動することが要求される。しかしながら、PTFEで形成された渦巻きブシュは、プラズマトーチ10内の高温条件により急速に劣化されることが判明している。したがって、渦巻きブシュは、装

10

20

30

40

50

置の信頼性を確保しかつアノードのようなトーチの他の構成部品にその後に生じる損傷を防止すべく交換しなければならない。カソード装置を冷却することにより熱の効果を制限できるが、これにより装置のランニングコストが増大される。

【0017】

一般に、金属はDCプラズマ装置内に形成されるプラズマの形式の高温条件に耐久性を有するので、渦巻きブッシュを金属で作り、その稼働寿命を延長することを考えることができる。しかしながら、金属の渦巻きブッシュも導電体であるので、アノードとの間に電流が流れないようにするために、アノードから電気的に絶縁されなくてはならない。前述のように、PTFEは高温での稼働寿命が短いため、アノードから渦巻きブッシュを絶縁するのにPTFEを使用することはできない。

10

【0018】

空気も優れた絶縁体であり、したがって、金属渦巻きブッシュは単にアノードから間隔を隔てておくだけでもよい。しかしながら、エアギャップを用いると、渦巻きブッシュの渦流発生能力が低下される。なぜならば、プラズマ源ガスの一部が、渦巻きブッシュの管路に沿って搬送されることなく、プラズマ形成領域内に流入するからである。また、金属渦巻きブッシュからアークが発生し、これにより渦巻きブッシュがやがて破壊があることがある。より詳しくは、ボタンカソードよりもむしろアノードに近い渦巻きブッシュの部分で優先的に発生するアークを防止するため、金属ブッシュは、アノードから非常に正確にかつ均一に間隔を隔てておかなくてはならない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0019】

【特許文献1】欧州特許第1773474号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

本発明の目的は、従来技術の代わりとなるDCプラズマトーチおよび改善されたDCプラズマトーチを提供すること、および／または上記1つ以上の問題を解決することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明の第1態様によれば、導電性カソードおよび導電性アノードを有し、これらのカソードおよびアノードは、これらの間にギャップを形成すべく互いに間隔を隔てて配置され、少なくとも一部が前記ギャップ内に配置されかつ使用時にガスが前記ギャップを通って流れることを可能にするチャネルを備えた金属渦巻きブッシュと、カソードと渦巻きブッシュとの間およびアノードと渦巻きブッシュとの間のいずれか一方または両方に介在されたセラミック要素とを更に有することを特徴とするDCプラズマトーチが提供される。

【0022】

金属の渦巻きブッシュを使用することによりおよび金属渦巻きブッシュからアノードおよびカソードを絶縁することにより、PTFEを使用する上記装置と比較して、部品の稼働寿命を大幅に延長できることが判明している。

40

【0023】

本発明の好ましい第1実施形態では、セラミック要素は、渦巻きブッシュのセラミックコーティングからなる。セラミックコーティングの主な長所は、多数の部品を減少できること、すなわち、別体の絶縁体が不要になること、およびセラミックコーティングの塗布が比較的容易であるため製造が容易になることである。

【0024】

より好ましくは、セラミック要素は、例えば金属渦巻きブッシュの表面を酸化することにより、電気的絶縁性を有する酸化物で形成される。

【0025】

50

下地の金属への酸化物の接合を向上させるため、設けられるセラミックコーティングは、金属の基準表面より内方に延びている内方成長部分を有している。これに加えまたはこれとは別に、セラミックコーティングには、金属の基準表面より外方に延びている外方成長部分を設けることができる。酸化物の内方成長部分および外方成長部分には、異なる機械的特性、化学的特性または位相特性をもたせることができる。

【0026】

セラミックコーティングは、金属渦巻きブシュの金属のプラズマ電解酸化 (Plasma electrolytic oxidation : P E O) により形成できる。最も好ましくは、セラミックコーティングは、高品質で、硬く、稠密性を有し、耐久性があり、幾何学的形状に安定性を有し、耐摩耗性があり、および / または電気的な絶縁性を有する酸化物コーティングが得られるケロナイト (Keronite) 法により形成される。10

【0027】

この方法では、アルミニウムのような金属または合金で形成された渦巻きブシュが、電解液の浴中に懸架され、金属渦巻きブシュの表面上にスパークを発生させる電流が流される。スパークは金属の表面を酸化させ、セラミックケロナイト層を形成する。

【0028】

この方法は、渦巻きブシュの溝のような複雑な表面であっても、均一厚さのケロナイト層が形成されるように自己調整される。層の厚さは、加工時間に基づいて定まり、マグネシウム物体の表面上には、4 μm / 分までの層厚が形成される。

【0029】

これに加えまたはこれとは別に、カソードと渦巻きブシュとの間および / またはアノードと渦巻きブシュとの間に介在される別体のセラミック絶縁要素を用いて、カソードとアノードとの電気的絶縁を達成できる。20

【0030】

これらの両構成は、カソード装置を正確にかつ一貫してアノード装置内に配置することを可能にする。なぜならば、金属渦巻きブシュおよびセラミックの電気遮断器が比較的剛性の高い材料で形成されているからである。したがって、2つの協働するアノードおよびカソード要素は互いにぴったりと重なり合うことができる。これにより、移動が防止されかつアノード装置とカソード装置との間のエアギャップを正確に（手動で）設定する条件が不要になる。30

【0031】

また、渦巻きブシュを金属で形成することにより、プラズマ内で発生される熱にも耐えることができ、渦巻きブシュを保護するために冷却する必要があるとしても、僅かな冷却で済む。

【0032】

別体のセラミック要素にとって好ましい1つのセラミック材料は、ホウケイ酸ガラスマトリックスの蛍光金雲母 (fluorphlogopite mica) からなる。

【0033】

カソードは、好ましくはほぼ円筒状の本体部分を有し、アノードは、好ましくはほぼ管状の部分を有する（或いは、この逆の関係でもよい）。アノード内にカソードの少なくとも一部を重ね合わせることにより（或いは、この逆の関係でもよい）、カソードとアノードとの間に渦巻きブシュを受入れるための環状ギャップを形成できる。40

【0034】

ほぼ管状の部分の内部の幾何学的形状は、内方にテーパした截頭円錐状の第1部分を有し、該第1部分は、流入するプラズマ源ガスを圧縮しおよび / または加速する。第1部分は、好ましくは、実質的に平行な側面を備えた第2のど部に導かれており、使用時に、ギャップ内に比較的高いガス圧力の領域と、プラズマ用出口孔とを形成する。

【0035】

別体のセラミックインサートを使用する場合には、内方にテーパした截頭円錐状の第1部分は、別体のセラミックインサートを受入れるためのほぼ平行な側面を備えた凹部で構50

成できる。この場合、別体のセラミックインサートは、平行側面を備えた凹部の形状および寸法と実質的に同じ形状および寸法を有する外面と、渦巻きブシュの外面と実質的に同じテーパ状内面とを有するのが好ましい。

【0036】

実質的に平行な側面を備えたのど部は、外方にテーパした截頭円錐状の第3部分に導かれ、プラズマトーチの下流側の膨張および減速ゾーンを形成している。

【0037】

カソードのほぼ円筒状の本体部分は、好ましくは、ほぼ円筒状の本体部分の熱伝導率および作動機能よりも低い熱伝導率および作動機能を有する材料で形成されているボタン電極を有する。ボタン電極を設ける場合には、ボタン電極は、ハフニウムのような熱電子材料で形成され、ほぼ円筒状の本体部分は銅で製造することができる。10

【0038】

渦巻きブシュの少なくとも1つのチャネルは、トーチを通って流れるプラズマ源ガスの運動量に回転成分（螺旋流成分）を伝達することができる。

【0039】

本発明の第2態様は、カソード本体と、ボタンカソードと、金属の渦巻きブシュと、のど部および收斂する内面を備えたアノード装置とを備えたDCプラズマトーチ装置を提供し、渦巻きブシュは、プラズマ源ガスがカソード装置とアノード装置との間を通るときに、アノードの收斂する内面の一部と協働して渦流を発生し、アノードの内面の協働部分はセラミックの電気遮断器から形成されている。20

【0040】

本発明の他の好ましい特徴および態様は特許請求の範囲に記載されている。

【0041】

本発明を良く理解できるようにするために、単なる例示としての実施形態を、添付図面を参照して以下に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】既知の第1DCプラズマトーチを示す概略縦断面図である。

【図2】既知の第2DCプラズマトーチを示す概略縦断面図である。

【図3】本発明の第2態様によるDCプラズマトーチを示す概略縦断面図である。30

【図4】本発明の第1態様によるDCプラズマトーチを示す概略縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0043】

図3および図4は、上述した図1および図2と同様であり、したがって、各々の同じ特徴は同じ参照番号で示し、反復説明は行わない。

【0044】

図3において、DCプラズマトーチ10は、図1および図2の既知のトーチについて前述したようなカソード装置12およびアノード装置14を有している。図3に示す本発明と、図1および図2に示した従来技術のトーチとの主な相違は、渦巻きブシュ40が金属で作られていることである。隣接するカソード12およびアノード14から渦巻きブシュ40を絶縁するため、環状セラミックインサート（セラミックの電気遮断器）50が設けられている。渦巻きブシュ要素40は、200より高い温度に耐えることができる銅、ステンレス鋼またはタンゲステン等の導電性金属または合金で形成されている。渦巻きブシュ40は、カソード12の本体26と強固に係合しつつ電気的に接触する別体要素である。或いは、渦巻きブシュ40は、カソード12の本体26と一体化しつつ同じ材料で形成することができる。この例に示すように、渦巻きブシュを別体要素として形成するならば、図2に示したような既存のDCプラズマ除害システムを改装（retro fit）することができる。アノード装置14は、通常銅で形成される管状本体部分からなり、該管状本体部分は更に、のど部20と、該のど部20に向かって收斂しつつ終端する截頭円錐状内面部分18と、セラミックの電気遮断要素52とを有している。收斂表面のテーパは、プラ4050

ズマ源ガス流を安定化させかつプラズマフレアをのど部24の方向に指向させるように設計されている。

【0045】

セラミックの電気遮断要素52は、高い耐熱性および電気的絶縁性を有するホウケイ酸ガラスマトリックス(Corning International社の製造に係るM A C O R(登録商標)としても知られている)の蛍光金雲母等の商業的に入手可能な安価で容易に機械加工できるセラミックから形成される。

【0046】

組立てられたとき、カソード装置12は、銅アノード14内で、これと同心状に配置される。アノード14およびカソード12は、これらの間に管路を形成すべく、互いに間隔を隔てられている。10

【0047】

セラミックは有効な材料であるが、その脆性のため、複雑な形状に形成するのが困難でかつ高価な材料である。セラミックは渦巻きブシュを製造するのに優れた材料であるが、製造コストは、一般に極めて高価である。したがって、セラミック材料が使用されてはいるが、比較的簡単な形状に形成されている。この例では、セラミック材料は既知の技術から容易に形成できる環状リングとして形成されている。アノード14には環状凹部54が形成されており、この例では環状凹部54は、セラミックの電気遮断要素52を受入れるために一部がブラインド状の軸線方向孔の形態に形成されている。

【0048】

セラミックの電気遮断要素52は、環状凹部54の半径方向最外方表面の輪郭と一致する半径方向最外方表面56の輪郭と、金属アノード14の内方にテーパした表面18に連続しあつこれと同一面を形成する半径方向最内方表面58とを有している。電気遮断要素52は、渦巻きブシュ40と協働して、プラズマ源ガス渦流を形成するように配置され、かつ図示のように、金属渦巻きブシュ40はセラミックの電気遮断要素52と接触している。金属渦巻きブシュ40と金属アノード14との間に確実にアークが発生しないようするため、セラミックの電気遮断要素52は、図3に示すように、渦巻きブシュ40の各軸線方向側面上に延びるか、渦巻きブシュ40の少なくとも下流側の軸線方向側面上に延びるように構成される。20

【0049】

上記のように、渦巻きブシュ40は金属から作られ、したがって容易に製造できかつ高温にも耐えることができる。しかしながら、本発明の構成は、カソード装置12の渦巻きブシュ要素40がアノード装置14の内方テーパ表面18と接触して、渦巻きブシュ40の外面に形成された溝60内に螺旋管路(図示せず)を形成することを可能にする。溝60は、図3に破線で概略的に示されている。したがって、螺旋溝は、セラミックの電気遮断要素56により一部が形成されている。この点において、溝60の螺旋形態は、プラズマ形成領域24内で渦流を形成できるあらゆる適当な表面形状をカバーするものである。30

【0050】

図3のプラズマトーチ10の作動において、プラズマ源ガスが、ガスの供給源(図示せず)から管路16を通って導入される。プラズマトーチを開始すなわち始動させるためには、最初に、熱電子ボタンカソード32とアノード14との間にパイロットアークを発生させなくてはならない。これは、トーチ用電源(図示せず)に接続されたジェネレータにより与えられる高周波数および高電圧信号により達成される。銅の本体26とハフニウムのボタン型カソード32との間の熱伝導率および作動機能の差は、熱電子がボタン型カソード32から優先的に放出されることを意味する。したがって、両電極12、14の間に上記信号が入力されると、プラズマ形成領域24内に流入するプラズマ源ガス内にスパーク放電が誘起される。スパークは、アノード12とカソード14との間に電流路を形成し、次に、アノード12とカソード14との間の制御された直流電流によりプラズマが維持される。トーチ10を通過するプラズマ源ガスは、のど部20および拡散ノズル22を通ってトーチ10を出るイオン化された源ガスの高運動量プラズマフレア34を形成する。4050

プラズマ形成領域内に形成される渦流は、プラズマ柱34を安定化させかつアノード14の腐食を低減させる。

【0051】

ここで図4を参照すると、トーチ10は、渦巻きブシュ70が、セラミック材料ではなく金属で製造されている点を除き、図2の既知の例に示す構造と同じである。図4の図面（縮尺は正確ではない）から理解されようが、渦巻きブシュ70は、下地のバルク金属74上に配置される、プラズマ酸化法（好ましくはケロナイト法）により形成されるセラミック表面コーティング72からなる。ケロナイト法は、アルミニウムおよびアルミニウム合金等の金属と良く作用する。当業者ならば、ケロナイト加工を受けるオリジナルの渦巻きブシュ材料は、ケロナイト加工を受けられる材料であること、およびカソードと渦巻きブシュとが一体である装置の場合にはカソードとして作用するのに適した材料であることの両方に適したものでなくてはならないことは明白であろう。ケロナイト法は酸化膜を内方および外方に成長させ、これにより、基準金属表面78より内方に位置する内方成長層部分76および基準金属表面より外方に位置する外方成長層部分80が形成される。内方成長層部分76および外方成長層部分80は、通常、異なる機械的、化学的および電気的特性を有するが、少なくとも一方の層は優れた誘電性を有するので、渦巻きブシュ70と、カソード12およびアノード14のいずれか一方または両方との間に必要な電気的絶縁が形成される。10

【0052】

本発明の第3態様では、セラミック層からなる渦巻きブシュを提供する。20

【0053】

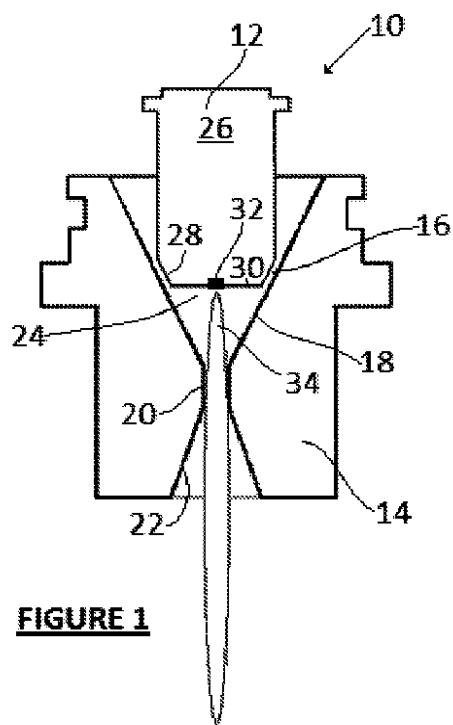
本発明は、上記実施形態の細部に限定されるものではなく、例えば構造の実態に応じて種々の要素の形状および構造を変更できる。また、本願で使用される用語「カソード」および「アノード」は、或る状況では、本発明から逸脱することなく逆の意味で用いることができる。

【符号の説明】

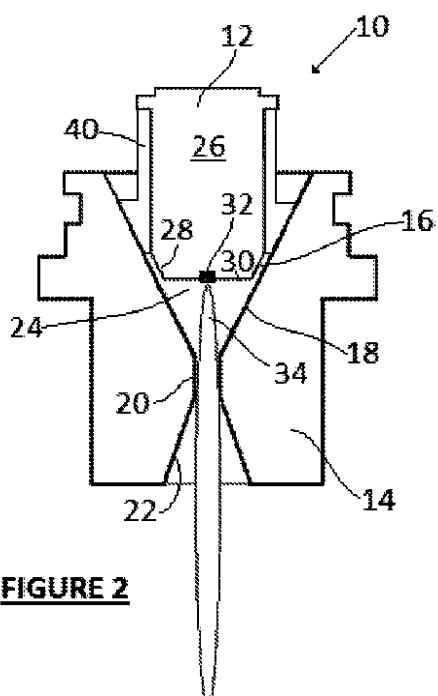
【0054】

- 10 DC プラズマトーチ
 - 12 カソード（装置）
 - 14 アノード（装置）
 - 18 截頭円錐状内面部分
 - 24 プラズマ形成領域
 - 32 ボタン型カソード
 - 40、70 渦巻きブシュ
 - 76 内方成長層部分
 - 78 基準金属表面
 - 80 外方成長層部分
- 30

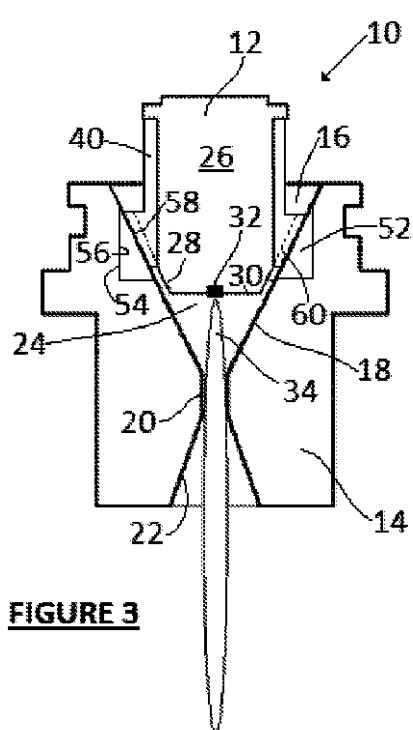
【図1】

FIGURE 1

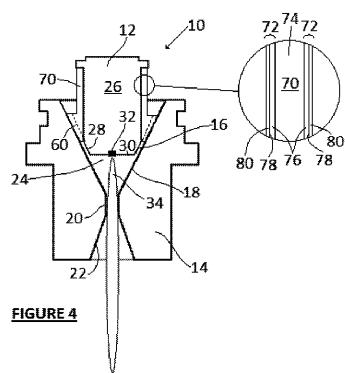
【図2】

FIGURE 2

【図3】

FIGURE 3

【図4】

FIGURE 4

フロントページの続き

(74)代理人 100157185

弁理士 吉野 亮平

(72)発明者 ヴォロニン セルゲイ アレキサンドロヴィッチ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 12144 ニューヨーク レンセリア オーク ヒル サー
クル 7212

(72)発明者 クレメンツ クリストファー ジェイムズ フィリップ

イギリス ノース サマセット ビーエス21 6ティーエイチ クリーヴondon ケン ロード
ケン ビジネス パーク エドワーズ リミテッド内

(72)発明者 マクグラス ダニエル マーティン

イギリス エイヴォン ピーエス7 9エスディー ブリストル エルモア ロード 8

(72)発明者 グレイ フレイザー

イギリス ノース サマセット ビーエス21 6ティーエイチ クリーヴondon ケン ロード
ケン ビジネス パーク エドワーズ リミテッド内

(72)発明者 シーリー アンドリュー ジェイムズ

イギリス ノース サマセット ビーエス21 6ティーエイチ クリーヴondon ケン ロード
ケン ビジネス パーク エドワーズ リミテッド内

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献 特開平03-174980(JP,A)

特開平07-142191(JP,A)

実開平05-045548(JP,U)

特表2008-539102(JP,A)

特開平05-226096(JP,A)

特開平10-094877(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/26-1/44

B01J 19/08