

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年6月19日 (19.06.2008)

PCT

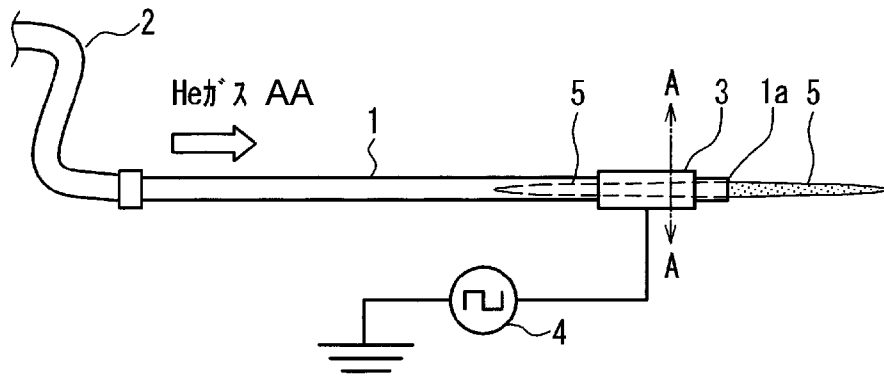
(10) 国際公開番号
WO 2008/072390 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/061837
- (22) 国際出願日: 2007年6月12日 (12.06.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2006-334800
2006年12月12日 (12.12.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 財団
法人大阪産業振興機構 (OSAKA INDUSTRIAL PRO-
MOTION ORGANIZATION) [JP/JP]; 〒5400029 大阪
府大阪市中央区本町橋2番5号マイドームおおさか
内 Osaka (JP). 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNI-
VERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘
1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 北野勝久
- (74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナ-
ーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTOR-
NEYS); 〒5306026 大阪府大阪市北区天満橋1丁目
8番30号OAPタワー26階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PRODUCING APPARATUS AND METHOD OF PLASMA PRODUCTION

(54) 発明の名称: プラズマ生成装置およびプラズマ生成方法



AA He GAS

(57) Abstract: For production of plasma from a medium gas mass of elongate shape, electric field forming elements (3,4) capable of forming an electric field are provided in the medium gas mass. The electric field forming elements form an electric field so that partial discharge occurs from the electric field forming elements toward both sides of the longitudinal direction of the medium gas mass. Accordingly, plasma (5) is produced from the medium gas mass. The medium gas mass is formed by, for example, gas supply members (1,2) capable of guiding a medium gas, through an internal hollow, to the electric field forming elements. Electric field forming area includes, for example, at least one high potential electrode (3) and voltage application unit (4) for voltage application to the high potential electrode. Plasma limited to medium gas can be produced with high energy efficiency stably over a wide range of parameters through simple means.

[続葉有]



WO 2008/072390 A1



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て:

— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4.17(v))

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 細長い形状を有する媒質ガス塊からプラズマを生成するために、媒質ガス塊中に電場を形成する電場形成要素3、4を備える。電場形成要素は、電場形成要素から媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が起こるように電場を形成する。それにより、媒質ガス塊からプラズマ5を生成する。媒質ガス塊は、例えば、内腔を通して電場形成要素に媒質ガスを誘導するガス供給部材1、2により形成される。電場形成部は、例えば、少なくとも1つの高電位電極3と、高電位電極に電圧を印加する電圧印加部4とを含む。簡易な構成により、幅広いパラメーターに対して安定に、かつエネルギー効率良く、媒質ガスに制限されたプラズマを生成することが可能である。

明 細 書

プラズマ生成装置およびプラズマ生成方法

技術分野

[0001] 本発明は、マイクロプラズマの生成に関し、特に、媒質ガスに制限されたプラズマを生成するプラズマ生成装置および生成方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、マイクロプラズマジェットはその応用範囲の広さから注目され、種々の電源、電極構造により実現されている。マイクロプラズマは、その空間的なサイズが微小であることに特徴を有するが、微小な空間内でプラズマを生成・維持するためには、電子・イオンと媒質ガス(プラズマ生成ガス)の原子分子との十分な衝突頻度を確保するために、必然的に媒質密度が高くなる。そのため、マイクロプラズマの生成には大気圧近傍の媒質ガス、すなわち媒質の密度で言えば、例えば、 $10^{18} \sim 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ 程度が必要となる。

[0003] また、一般に、従来のマクロスケールのプラズマの場合には、動作圧力の増加とともに、プラズマ中の電子温度 T_e とガスの温度 T_g がほぼ熱平衡に達するようになり、熱平衡プラズマと呼ばれる。これに対して、プラズマのサイズを数mmから μm 領域にスケールダウンしてマイクロプラズマの領域になると、媒質ガス分子のプラズマ中での滞在時間 τ_d が短くなることに起因して、粒子間の衝突によるエネルギー緩和が十分になされず、低圧プラズマのように $T_e \gg T_g$ の非平衡状態になっているものと考えられる。

[0004] 従来のマイクロプラズマジェット生成のほとんどの方式は、媒質ガスを流した石英パイプの内部で発生させた比較的高温のプラズマが、媒質ガス流によって押し流されてパイプ先端から吹き出される、低温化したプラズマを利用するアフターグロー方式である。

[0005] 例えば特許文献1に記載の方式では、プラズマ生成のための媒質ガスとして使用されるアルゴン(Ar)ガスを石英パイプ内に流入させ、噴出口から噴出させるとともに、石英パイプの周囲にコイル配置して高周波電流を流すことにより、石英パイプ内に誘

導電場を発生させる。石英パイプ内に流入するアルゴンガスのアルゴン原子は、誘導電場や磁場で電離して高温(6000~7000℃)のプラズマとなり、アルゴンガスの流入圧力に押されて石英パイプ先端の噴出口から大気中に噴き出る。噴き出したプラズマは、大気存在により、拡散することなく、マイクロプラズマジェットを生成する。

[0006] 一方、それらとは異なる方式として、ドイツWuppertal 大のEngemannらによって提案された、図11に示すような方式が知られている。図11において、1は内径が2~5mm程度の石英パイプからなるガス供給管であり、その内腔を通ったヘリウムガスが噴出口1aから噴出される。ガス供給管1の噴出口1a側の端部の外周上には、同軸状の一对のプラズマ発生用の電極3a、3bが上流側と下流側に設置されている。電圧印加装置4により、電極3aをグラウンド電位とし、電極3bを高電位として、10kHz程度の低周波のパルス電圧(例えば、6~12kV、13kHz)を印加してパルス放電させることにより、噴出口1aから細く伸びるプラズマジェット(以下、LF(Lower Frequency)プラズマジェットとも称する)が生成される。

[0007] このLFプラズマジェットは、2つの点で希有な特徴を有している。まず、アフターグロー方式のプラズマジェットとは異なり、細長く伸張した、その直径に対する長さの比すなわちアスペクト比が大きい形状のプラズマジェットが得られ、電極に印加する電圧の向きに応じて射出方向が決まる。すなわち、電極に印加する電圧の向きを反転させると、ジェットの向きは逆にガスの上流に向かって伸びる。また、高時間分解能測定によると、柱状の放電が維持されているのではなく、球状のプラズマ塊が電源周波数と同期して、10[km/s]と、媒質ガス流に比べて1万倍程度と非常に高速に移動している。したがって、その生成機構は媒質ガス流とは直接関わりはない。

[0008] この方式によるプラズマジェットは、アフターグロージェットとは異なり、媒質ガス流そのものがプラズマ化しているため、対象物に対して直接的にプラズマを照射することが可能である。また、LFプラズマジェットではパルス状にプラズマ塊が射出されるため、時間的に非平衡、すなわち、瞬間瞬間で中性ガスとエネルギー緩和できないことにより、熱的に非平衡の状態が作り出される。熱非平衡なプラズマであるため、対象物の温度上昇をもたらすことなく高エネルギー成分を照射することができる。

特許文献1:特開2006-60130号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0009] 上述のとおり、LFプラズマジェット的方式によれば、電極3bに対して高電位を印加することにより、媒質ガス流に対して下流方向へプラズマジェット5が伸びているが、グラウンド電位の電極3aに対する高電位側の電極3bの位置がジェットの射出方向を決めているわけではないことが判った。
- [0010] すなわち、高電位が印加される電極3bの存在のみによりプラズマジェットが生成され、グラウンド電位の電極3aはむしろ、ジェットの流れを抑制している。高電位の電極3bに対する媒質ガス流の下流側では、遠方に存在するグラウンド電位との間で部分放電が発生する。しかもその放電は媒質ガス流の中でのみ発生する媒質制限されたプラズマであって、媒質ガス流がプラズマ化されたようなプラズマ流が生成される。一方、高電位の電極3bに対する媒質ガス流の上流側では、高電位の電極3aと接地電位の電極3bの間隔が近いこと、誘電体バリアーに覆われた電極間の短絡による放電が生じている。短絡による放電は、部分放電と異なり、消費電力が大きく発熱を伴う。このような短絡放電を伴うため、2電極方式は効率の良いものではないことが判った。
- [0011] また、LFプラズマジェットは、その放電機構は不明であるため、種々のパラメーターでの放電可能範囲も制限的であった。
- [0012] したがって本発明は、簡易な構成により、エネルギー効率良く、かつ幅広いパラメーターに対し安定して、媒質ガスに制限されたプラズマを生成することが可能なプラズマ生成装置、および生成方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0013] 上記課題を解決するために、本発明の第1の構成のプラズマ生成装置は、細長い形状を有する媒質ガス塊からプラズマを生成する装置であって、前記媒質ガス塊中に電場を形成する電場形成要素を備え、前記電場形成要素は、前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が起こるように電場を形成する。
- [0014] 本発明の第2の構成のプラズマ生成装置は、細長い形状を有する媒質ガス塊から

プラズマを生成する装置であって、前記媒質ガス塊中に配置される単一の高電位電極と、前記高電位電極に電圧を印加する電圧印加要素とを備え、前記電圧印加要素は、前記高電位電極から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電を発生させる電場が形成される電圧を、前記高電位電極に印加する。

[0015] 本発明の第1のプラズマ生成方法は、媒質ガス塊に電場を形成する電場形成要素によって、細長い形状を有する前記媒質ガス塊からプラズマを生成する方法であって、前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が起こるように、前記電場形成要素により前記媒質ガス塊に電場を形成することを特徴とする。

[0016] 本発明の第2のプラズマ生成方法は、媒質ガス塊に電場を形成する電場形成要素によって、細長い形状を有する前記媒質ガス塊からプラズマを生成する方法であって、前記媒質ガス塊中に単一の高電位電極を配置し、前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が発生させる電場が形成される電圧を、前記高電位電極に印加することを特徴とする。

[0017] なお、本願の記載において、部分放電とは、電極間に電圧を加えたとき、その間の雰囲気ガスが電極間において部分的に放電する現象であり、電極間を完全に短絡する放電は含まない意味で用いられる。このような部分放電は、電極間に、不均一な電界分布、不均一な絶縁破壊電圧の異なるガス分布がある場合などに生じる。例えば、電極構造が平行平板構造ではなく、先鋭な電極構造を持つ場合、電極の先端では電界の集中が起こり、電界強度が強くなり、この電界強度が、雰囲気ガスの絶縁破壊電界を超えた場合、この部分のみ部分放電が生じる。

[0018] このような部分放電を用いることは、LFプラズマジェットの放電機構について本発明者らが解明した知見に基づくものである。すなわち、LFプラズマジェットの放電機構は、高電圧電極近傍の集中した電界強度によるストリーマーコロナ放電現象が、大気中やガラス管内部のヘリウムガス流束に沿って起こっているものであると考えられる。

発明の効果

[0019] 本発明のLFプラズマジェット生成装置および生成方法は、細長い形状を有する媒

質ガス塊中にその長手方向に沿って部分放電が発生するように電場を形成することにより、簡易な構成により、エネルギー効率良く、かつ幅広いパラメーターに対し安定してプラズマを生成することが可能である。

図面の簡単な説明

[0020] [図1A]図1Aは、本発明の実施の形態1におけるLFプラズマジェット生成装置を示す正面図である。

[図1B]図1Bは、図1AのLFプラズマジェット生成装置におけるA-A線に沿った拡大断面図である。

[図2A]図2Aは、同実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置で印加される低周波電圧を示す波形図である。

[図2B]図2Bは、本発明のLFプラズマジェット生成装置で正の高電圧のみを印加した場合の電圧波形を示す波形図である。

[図2C]図2Cは、同負の高電圧のみを印加した場合の電圧波形を示す波形図である。

[図2D]図2Dは、同正と負の高電圧を交互に印加した場合の電圧波形を示す波形図である。

[図2E]図2Eは、同実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置で印加される低周波電圧の他の例を示す波形図である。

[図3A]図3Aは、本発明の実施の形態2におけるLFプラズマジェット生成装置の正面図である。

[図3B]図3Bは、図3AのLFプラズマジェット生成装置におけるB-B線に沿った拡大断面図である。

[図4]図4は、同実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置の変形例を示す正面図である。

[図5A]図5Aは、本発明の実施の形態3におけるLFプラズマジェット生成装置の正面図である。

[図5B]図5Bは、図5AのLFプラズマジェット生成装置におけるC-C線に沿った拡大断面図である。

[図6A]図6Aは、本発明の実施の形態4におけるLFプラズマジェット生成装置の正面図である。

[図6B]図6Bは、図6AのLFプラズマジェット生成装置におけるD-D線に沿った拡大断面図である。

[図7]図7は、本発明の実施の形態5におけるLFプラズマジェット生成装置の正面図である。

[図8A]図8Aは、本発明の実施の形態6におけるLFプラズマジェット生成装置の正面図である。

[図8B]図8Bは、同実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置の他の態様を示す正面図である。

[図9A]図9Aは、本発明の実施の形態7におけるLFプラズマジェット生成方法の第1のステップを示す正面図である。

[図9B]図9Bは、本発明の実施の形態7におけるLFプラズマジェット生成方法の第2のステップを示す正面図である。

[図9C]図9Cは、本発明の実施の形態7におけるLFプラズマジェット生成方法の第3のステップを示す正面図である。

[図10]図10は、本発明の実施の形態8におけるLFプラズマジェット生成装置を示す正面図である。

[図11]図11は、従来例のLFジェット生成装置を示す正面図である。

符号の説明

- [0021] 1 ガス供給管
1a 噴出口
2 ガスチューブ
3 高電位電極
4 電圧印加装置
5 非平衡プラズマジェット
6、7、10 高電位電極
8 金属パイプ

- 9 平板状ガス供給管
- 11 非平衡プラズマジェット
- 12 補助電極
- 13 補助ガス供給管
- 14 補助電極
- 15 沿面放電
- 16 媒質ガス源

発明を実施するための最良の形態

- [0022] 本発明のプラズマ生成装置は、上記構成を基本として、以下のような種々の態様をとることができる。
- [0023] すなわち、上記第1の構成において、前記媒質ガス塊として媒質ガス流を発生させるガス流発生要素を備え、前記電場形成要素は、前記電場形成要素から前記媒質ガス流の上流側および下流側の双方に向って部分放電が起こるように電場を形成する構成とすることができる。
- [0024] また、内腔を通して前記電場形成要素に媒質ガスを誘導するガス供給部材を更に備え、前記ガス供給部材により前記媒質ガス流を発生させる構成とすることができる。
- [0025] また、前記電場形成要素は、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な強電場と、前記部分放電を維持可能な弱電場とを形成することが可能であることが好ましい。
- [0026] 上記第2の構成において、内腔を通して前記電場形成要素に媒質ガスを誘導するガス供給部材を更に備え、前記ガス供給部材により前記媒質ガス流を発生させる構成とすることができる。
- [0027] また、前記ガス供給部材は誘電体からなり、前記高電位電極は、前記ガス供給部材の外部に設けられている構成とすることができる。
- [0028] また、前記ガス供給部材は、前記媒質ガスを放出する開口部が平板状をなし、前記高電位電極は、前記開口部の平板面上に平板状に設けられている構成とすることができる。あるいは、前記ガス供給部材は円筒構造を有し、前記高電位電極は円筒構造を有する構成とすることができる。但し、本発明の作用は、本質的にはガス流束の断面形状に制約されることはなく、円筒の場合や平面上以外にも、任意に決めるこ

とができる。

- [0029] また、前記ガス供給部材は導電体からなり、前記ガス供給部材が前記高電位電極として用いられる構成とすることができる。
- [0030] また、前記ガス供給部材は誘電体からなり、前記高電位電極は、前記ガス供給部材の内腔に設けられている構成とすることができる。
- [0031] その場合、前記高電位電極は、前記ガス供給部材と一体構造を成して、前記ガス供給部材の内面の一部を形成するように設けられ、前記媒質ガスは、前記ガス供給部材の内壁面及び前記高電位電極の表面に接する構成とすることができる。
- [0032] また、前記電圧印加要素は、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な電圧と、前記部分放電を維持可能な電圧とを供給可能である構成とすることができる。
- [0033] また、前記高電位電極から離間した位置で前記媒質ガス塊の一部に隣接するように配置された補助電極を更に備え、前記補助電極は前記電圧印加要素から接地電位が付与される構成とすることができる。
- [0034] また、内腔を通して前記媒質ガスを誘導する補助ガス供給部材と、前記補助ガス供給部材に設けられ、前記電圧印加要素により接地電位が付与される補助電極とを更に備え、前記補助ガス供給部材は、前記媒質ガスを噴出する噴出口が、前記ガス供給部材の前記媒質ガスを噴出する噴出口に接触するか、または所定の間隔 g を隔てて近接して配置され、前記ガス供給部材及び前記補助ガス供給部材の少なくとも一方は誘電体からなる構成とすることができる。
- [0035] また、複数の前記媒質ガス塊からプラズマを生成するように構成され、複数の前記媒質ガス塊中に各々配置される前記高電位電極を備えた構成とすることができる。
- [0036] 上記第1のプラズマ生成方法において、前記媒質ガス塊として媒質ガス流を発生させて、前記電場形成要素から前記媒質ガス流の上流側および下流側の双方に向かって部分放電が起こるように、前記電場形成要素により電場を形成することができる。
- [0037] また、前記電場形成要素により、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な強電場と、前記部分放電を維持可能な弱電場とを順次形成することができる。
- [0038] また、前記電場形成要素により前記電場を形成する際に、前記高電位電極と接地電位箇所との間の距離を、前記高電位電極に印加される電圧により部分放電を開始

可能な所定距離に設定し、次に、前記高電位電極と前記接地電位箇所との間の距離を、部分放電を維持可能な範囲で前記所定距離より大きくすることができる。

[0039] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0040] (実施の形態1)

図1A、1Bは、実施の形態1におけるLFプラズマジェット生成装置を示し、図1Aは正面図、図1Bは図1AにおけるA-A線に沿った拡大断面図である。

[0041] ガス供給管1は、例えば石英パイプのような誘電体からなり、その後端部にはガスチューブ2が接続されて、図示しない媒質ガス源から例えばヘリウム(He)ガスが供給される。ガス供給管1の内腔を通ったヘリウムガスは噴出口1aから噴出されて、媒質ガスのガス流を形成するためのガス流発生部が構成される。ガス供給管1としては、例えば、内径50 μ m~50mmのものを用いることができる。石英パイプに代えて、他の誘電体からなるパイプ、例えばプラスチックチューブ等を用いてもよい。

[0042] ガス供給管1の噴出口1a側の端部の外周上には、同軸状の単一のプラズマ発生用の高電位電極3が設置されている。高電位電極3には電圧印加装置4が接続され、図2Aに示すような、所定周波数のパルス列状の正電圧を印加することができる。電圧印加装置4により印加するパルス列状の正電圧の電圧値を例えば10kVに設定し、周波数を例えば10kHz程度に設定することにより、噴出口1aから細く伸びる非平衡プラズマジェット5が生成される。

[0043] このように、高電位の単極のみにより生成されるプラズマジェット5には、図1Aに破線でも示すように、高電位電極3から媒質ガス流の上下流方向へ伸張する現象が観察される。したがってこの放電は、プラズマ塊が大気中へ飛び出している現象ではなく、ヘリウムガス流により媒質制限された円柱状の空間で起こる放電現象であると考えられる。つまり高電位の電極3に対する媒質ガス流の上下流側において、遠方に存在するグラウンド電位との間で部分放電が発生し、しかもその放電は、媒質ガス流中でのみ発生する媒質制限されたプラズマである。したがって、本実施の形態のLFプラズマジェット生成装置においては、電極間での短絡放電は発生していない。その結果、高電位電極3の上流部と下流部との双方(即ち高電位電極3の外部)で、アスペクト比の大きいプラズマが発生する。

- [0044] 本実施の形態における媒質制限された部分放電のみによるプラズマ流を発生させるために、上記構成においては、ガス供給管1およびガスチューブ2が、媒質ガス流を発生するガス流発生部として機能し、高電位電極3および電圧印加装置4が、媒質ガス流の各々と対応するように電場を形成する電場形成部として機能する。このように設けられた電場形成部により形成される電場により、媒質ガス流の上流側および下流側の双方で部分放電が発生し、媒質ガス流中に、電場形成部から媒質ガス流の上流側及び下流側の双方に向かってプラズマが生成される。
- [0045] 上記構成において、電圧印加装置4は、高電位電極3に対して所定周波数を有するパルス列状の正電圧を印加するように構成されているが、印加電圧はこのような態様に限定されるわけではない。部分放電が起こるように電場が生成されさえすれば、印加電圧の態様は任意である。
- [0046] 但し、時間的に変化する電圧を印加することが望ましい。時間的に変化するにより、特に誘電体バリア放電の場合、ガラスというコンデンサを経由してプラズマを着火しているので、電圧が変化する成分によってプラズマが生成され易くなる。具体的には、10kHz程度の電圧を用いればよいが、60Hz程度の低周波でもグロー状の大気圧プラズマが得られる場合もある。ただし、10MHz程度の高周波になると、高速カメラで見ても一様な形状をしている別の放電形状になる。より好ましくは、周期的に変化する電圧を印加する。周期的に放電したほうが安定したプラズマが得られ易いからである。
- [0047] 媒質ガスとしてはヘリウムガスが好適であるが、条件を適切に設定すれば他のガスを用いることも可能である。例えば、アルゴンとケトンの混合ガスを用いることもできる。また、モノマーなど化学薬品の蒸気、噴霧した霧や微粒子などエアロゾルを供給することにより、種々のプロセスを行うことが可能である。
- [0048] 以上のような放電機構に関する知見を応用することにより、種々の放電が可能になった。このLFプラズマジェットは熱的に非平衡な低温プラズマであり、薄いナイロン等へ基材にダメージを与えることなく照射する事も可能であるが、表面処理、オゾン生成やプラズマ重合を起こすために十分なエネルギーは有している。
- [0049] 本実施の形態のように、単電極すなわち単一の高電位電極3により非平衡プラズマ

ジェットを生成する構成により、短絡放電を発生させることなく、部分放電のみを容易に発生させることが可能である。但し、1つの媒質ガス流に対して配置される高電位電極3すなわち電場形成部は、1つのみに制限されることはない。すなわち、1つの媒質ガス流に対して複数の電場形成部を設けても、各々の電場形成部が部分放電のみを発生するように配置されればよい。したがって、1つのガス流発生部に対して、複数の高電位電極3が互いに十分に離間して配置された構成により、本実施形態のような作用効果を得ることも可能である。

[0050] 部分放電のみを発生させる構成とすることにより、従来の同軸2電極方式に比べると、短絡放電に伴う消費電力の増大が抑制され、エネルギー変換効率を向上させることが可能であり、また、不要な発熱を抑制することもできる。さらに、プラズマジェットの発生に対する寄与が少ないグラウンド側の電極が省略されて、装置が単純化される。単電極であっても、プラズマジェットの生成の起動は容易である。

[0051] また、媒質ガス流束により媒質制限された空間領域にプラズマを生成する方法においては、部分放電のみを発生させることにより、任意の媒質ガス流束を安定してプラズマ化することが可能である。この手法を用いて、 $10\ \mu\text{m}$ ～50mm程度の幅広いスケールにてプラズマを着火することが実現され、さらなる大口径化も原理的に可能である。

[0052] また、チューブの内面処理では、特に部分放電が有効である。チューブの内面処理には、移動電極(チューブに接触している必要は無い)を用い、ヘリウムガスや適当なモノマーガスを混ぜたものをチューブに流しておいて(充填するだけでもよい)、チューブ内でプラズマを生成する。それにより、チューブの連続処理が可能である。本実施の形態の手法を利用すれば、2電極方式に比べて、移動電極を容易に構成することができる。

[0053] 以上のように、本実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置によれば、媒質ガスを流したガス供給管1に接続した高電位電極3にパルス列状の正電圧のみを印加することにより、ガス供給管1から大気中へ拡散する媒質ガス流に沿って部分放電を発生させ、それによりプラズマ流を生成することができる。そのための各種条件の設定の一例は、次のとおりである。

[0054] 媒質ガス:ヘリウムガス

石英パイプの内径:3mm

媒質ガスの流量:数リットル/分

高電位電極3への印加電圧:電圧10kV

印加電圧の周波数:10kHz

また、幅2mm横50mmのような、媒質ガス流束に対して回転角方向に閉じた面を持たない電極(一部分のみを覆っている電極)を用いても、部分放電によるプラズマ発生が可能である。

[0055] 本発明によるプラズマジェットの本質は、“大気中にガス流束を作る”ことと、“高電圧電極近傍での部分放電”の二つである。周期的な高電圧を印加し放電を行っているが、印加電圧のみならず、印加周波数によってプラズマパラメーターの制御が可能である。それらに加えて、印加する高電圧の波形(極性)を制御することによっても、生成されるプラズマのパラメーターの制御が可能である。

[0056] 実際に印加される高電圧は、図2B~2Cに示すような波形に分類できる。図2Bは、正の高電圧のみを印加した場合の電圧波形を示す。図2Cは、負の高電圧のみを印加した場合の電圧波形を示す。図2Dは、正と負の両方の高電圧を交互に印加した場合の電圧波形を示す。それぞれの場合において、放電そのものは、印加した電圧が正と負でそれぞれ異なる一定の絶対値より大きくなった瞬間にパルス状の放電が生じる。例えば10kHzの電源を用いた場合、一周期は100 μ secとなるが、このパルス状の放電は数 μ secのうちに観測される。

[0057] そのときに印加されている高電圧の極性により、プラズマそのもの、もしくはプラズマから生成されるイオン、電子、メタステーブル原子などの大気中密度や温度分布状態などが異なってくる。それぞれ、正電圧の場合は正コロナ放電、負電圧の場合は負コロナ放電が発生しているが、それぞれ物理的な放電機構が異なるためにプラズマ生成状態が異なってくる。このようにそれぞれ極性を制御したプラズマを用いることにより、プラズマを照射対象物へ対する効果を制御することが可能となる。一方、図2Dの場合には、両極性の放電が発生し、それぞれ電圧がピーク近傍の時間領域で、正コロナ放電と負コロナ放電が順次発生する状態が得られる。

- [0058] 正や負の高電圧の印加波形を組み合わせて制御することにより、パラメーターの異なるプラズマジェットを生成して、選択性のある化学反応増進を行うことが期待できる。
- [0059] なお、電圧印加装置4は、図2Eに示すように、プラズマ発生の起動時の印加電圧のピーク値と、プラズマ発生を維持する際の印加電圧のピーク値を変化させる構成とすることが望ましい。すなわち、プラズマジェットの起動に際して、時間 t_0 ～ t_1 までは、高いピーク電圧 V_0 を供給し、その後時間 t_1 以降は、低減させたピーク電圧 V_1 を供給する。電圧 V_0 は、プラズマジェットの発生を起動させるのに十分なレベルを有し、電圧 V_1 は、プラズマジェットの発生を維持するのに必要なレベルである。プラズマジェットの起動には高い電圧が必要であるが、一旦プラズマジェットが生成されると起動時よりも低い電圧でプラズマジェットの生成を維持できるので、印加電圧を下げることにより、消費電力を低減することが可能である。以降の実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置についても、同様の駆動方法を適用できる。
- [0060] また、高電位電極3は、必ずしもガス供給管1の外周面に同軸状に設ける必要はなく、ガス供給管1の外周面あるいは内周面的一部分に取り付けた電極でも、LFプラズマジェットの生成は可能である。すなわち、媒質ガス流を形成する誘電体からなる部材の内面あるいは外面に電極を取り付けた構造とし、また、誘電体と電極が一体となった構造とすることが好ましい。誘電体からなる部材の内面に電極を取り付けた構造とした場合には、媒質ガスは誘電体および電極の双方に接触する。
- [0061] また、媒質ガスは、必ずしも流れを形成している必要はない。すなわち、媒質ガス塊からプラズマを生成するようにプラズマ生成装置を構成することも可能である。その場合、媒質ガス塊中に電場を形成する電場形成部を設ける。媒質ガス塊が細長い形状を有する場合であれば、電場形成部から媒質ガス塊の長手方向における双方に向かって部分放電が起こるように電場を形成する。媒質ガス塊を、電極を設けた管に、媒質ガスを封入した構成とすることもできる。その場合でも、電極は、管の内面あるいは外面のどちらに設けてもよい。
- [0062] (実施の形態2)
- 図3A、3Bは、実施の形態2におけるLFプラズマジェット生成装置を示し、図3Aは

正面図、図3Bは図3AにおけるB-B線に沿った拡大断面図である。図3において、図1に示した要素と同一の要素については同一の参照符号を付して、説明の繰り返しを省略する。以下の各実施の形態の説明についても同様である。

- [0063] 本実施の形態において、ガス供給管1は誘電体の石英パイプであるが、高電位電極6は銅線であり、ガス供給管1の噴出口1a側端部の内腔の軸線上に配置されている。このような高電位電極6を用いると、放電は高電位電極6である銅線の先端から開始される。そして、細く伸びたジェットはガス供給管1の噴出口1aに向かって次第に半径を増大させる。
- [0064] 図4に示すように、銅線からなる高電位電極7を、ガス供給管1から分離して配置することもできる。すなわち、線状の高電位電極7が、ガス供給管1の噴出口1a端から媒質ガス流の噴出方向に離間した位置に配置されている。
- [0065] さらに、線状の高電位電極6に代えて、ガス供給管1の噴出口1a側端部の内周面に、同軸状の電極を配置することもできる。あるいは内周面の一部に電極を配置しても、非平衡プラズマジェットの生成は可能である。
- [0066] (実施の形態3)
- 上述のように本発明によれば、単一の高電位電極を設ければよいので、電極設置の自由度が増大する。例えば、誘電体のガス供給管に電極を装着するのみならず、本実施の形態のように、誘電体のガス供給管に代えて金属のガス供給管を用い、ガス供給管を電極としてプラズマジェットを生成することも可能である。
- [0067] 図5A、5Bは、実施の形態3におけるLFプラズマジェット生成装置を示し、図5Aは正面図、図5Bは図5AにおけるC-C線に沿った拡大断面図である。
- [0068] 本実施の形態においては、ガス供給管は導電材である金属パイプ8により形成され、金属パイプ8が電圧印加装置4に接続されて、所定周波数のパルス列状の正電圧を印加するためのプラズマ発生用の高電位電極として用いられる。金属パイプ8としては、例えば、内径が数ミリ程度の金属管は無論のこと、内径100 μ mのステンレスパイプを用いて、マイクロサイズのプラズマジェットを生成することも可能である。
- [0069] (実施の形態4)
- 図6A、6Bは、実施の形態4におけるLFプラズマジェット生成装置を示し、図6Aは

正面図、図6Bは図6AにおけるD-D線に沿った拡大断面図である。

[0070] 本実施の形態においては、平板状ガス供給管9を構成する平板状石英パイプは、その断面が、図6Bに示すように円筒形ではなく、平板形状を有する、従って噴出口9aは線状の開口を形成している。高電位電極10も平板形状を有し、平板状ガス供給管9の一方の外面上に取り付けられている。

[0071] このLFプラズマジェット生成装置は、上述の実施の形態と比べて大型化を可能とするものである。例えば、2mm×50mm程度の平面状の非平衡プラズマジェット11を形成することができ、大面積処理に適している。

[0072] また、ガス供給管としては、石英パイプに限らず、プラスチックパイプや金属パイプなども使用可能である。

[0073] (実施の形態5)

図7は、実施の形態5におけるLFプラズマジェット生成装置を示す正面図である。本実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置は、基本的な構成は、図1A、1Bに示した実施の形態1の装置と同様である。

[0074] ガス供給管1の噴出口1a側の端部の外周上には、同軸状の単一のプラズマ発生用の高電位電極3が設置されている。高電位電極3には電圧印加装置4が接続され、所定周波数のパルス列状の正電圧を印加することができる。本実施の形態の特徴は、さらに、ガス供給管1の噴出口1aの近傍に補助電極12が配置され、電圧印加装置4のグラウンド側に接続されることである。

[0075] ガス供給管1を用いてその噴出口1aから媒質ガス、例えばヘリウムガスを噴出させて媒質ガスのガス流を形成し、電圧印加装置4により、例えば10kVのパルス列状の正電圧を周波数10kHz程度の周波数で印加すれば、噴出口1aから細く伸びる非平衡プラズマジェット5が生成される。その際、接地された補助電極12が配置されていることにより、プラズマ生成の起動が容易になり、またプラズマ生成維持の安定性が向上する。すなわち、プラズマ生成の起動時の印加電圧を、プラズマ生成の維持に必要な程度の低い電圧に低減させることができ、また、十分に低い電圧でプラズマ生成を安定して維持可能である。

[0076] 補助電極12は、噴出口1aから噴出する媒質ガス流の一部にのみ接触するような寸

法および配置とする。それにより、非平衡プラズマジェット5の生成に実質的な影響を与えることなく、プラズマの起動及び維持の効果をj得ることができる。

[0077] (実施の形態6)

図8Aは、実施の形態6におけるLFプラズマジェット生成装置を示す正面図である。本実施の形態におけるLFプラズマジェット生成装置は、基本的な構成は、図1A、1Bに示した実施の形態1の装置と同様である。すなわち、ガス供給管1の噴出口1a側の端部の外周上には、同軸状の単一のプラズマ発生用の高電位電極3が設置されている。高電位電極3には電圧印加装置4が接続され、所定周波数のパルス列状の高電位を印加することができる。

[0078] 本実施の形態の特徴は、さらに、ガス供給管1の噴出口1aに隣接して、補助ガス供給管13が設けられたことである。補助ガス供給管13の内腔には補助電極14が配置され、電圧印加装置4のグラウンド側に接続される。補助電極14は、補助ガス供給管13のガス供給管1側の管壁に近接して配置される。

[0079] 補助ガス供給管13は、ガス供給管1と鋭角をなして斜めに配置され、その噴出口13aは、ガス供給管1の噴出口1aに隣接して配置されている。隣接とは、図8Aのように互いに接触する状態、あるいは図8Bに示すように、互いに接触はしないが近接して配置されている場合を含む意味である。噴出口13aと噴出口1aを接触させずに近接させる場合の離間距離gの許容可能な上限は、後述する効果を実用上十分に得ることが可能な範囲によって決まる。なお、図8Bには、図示の都合上、沿面放電15のみを図示し、プラズマジェット5の図示は省略されている。

[0080] 上記構成の装置を用い、媒質ガスとして例えばアルゴンガスを流し、電圧印加装置4により、高電位電極3と補助電極14間に実施の形態1と同様の低周波電圧を印加すると、容易にプラズマジェット5の発生を起動し、安定して維持することが可能である。この理由は以下のとおりである。

[0081] LFプラズマジェットは、短絡放電ではなくて、部分放電により生成される。部分放電は高電位電極近傍の電界集中によりもたらされるが、そのため、プラズマの発生には短絡放電に比べて高い電圧が必要である。ヘリウムを媒質ガスとして用いた場合には、比較的低い電圧でLFプラズマジェットを起動し維持することが可能である。これ

に対してアルゴンガスの場合は、ヘリウムガスの場合に比べて放電開始電圧が高いため、比較的高電圧を印加する必要がある。その結果、放電開始と共に強い放電が生じる。言い換えれば、LFプラズマジェットの特徴を損なうことのない弱い放電を発生させるような低い電圧では、アルゴンガス中でLFプラズマジェットを起動し維持することは困難である。

[0082] これに対して、上記構成のLFプラズマジェット生成装置によれば、補助電極14を有する補助ガス供給管13を設けることにより、アルゴンガスを媒質ガスとして用いた場合の放電開始電圧を低下させることができる。これは、電圧を印加したときに、まず高電位電極3と補助電極14との間で沿面放電15が生成されることによる。沿面放電15は、固体表面に沿った放電現象であり、気体中の放電に比べて比較的低電圧で長距離の放電が可能である。すなわち、高電位電極3による、ガス供給管1から噴出するアルゴンの媒質ガス流中での部分放電に比べて、より低電圧で放電を開始する。

[0083] これは、沿面放電15により、その周辺に、電子、ラジカル、紫外線などが供給され、周辺部分での放電開始条件が緩くなるためである。その結果、ガス供給管1から噴出するアルゴンの媒質ガス流中で部分放電が発生し難いような印加電圧でも、高電位電極3による部分放電、すなわちLFプラズマジェットの生成が開始し易くなり、また、プラズマ生成を安定して維持可能となる。

[0084] 本実施の形態の構成は、ヘリウムガスを媒質とする場合であっても、より放電開始電圧を低下させ、また、放電の維持をより低電圧で安定して維持可能とすることができ、効果的である。

[0085] なお、図8Bに示したように、噴出口13aと噴出口1aを接触させずに近接させる場合の離間距離 g の許容可能な上限は、種々の条件によって相違する。但し、下記の式(1)で示される条件を満足するように離間距離 g を設定すれば、沿面放電による補助効果を実用上十分に得ることが可能である。式(1)において L は、ガス供給管1及び補助ガス供給管13の内壁に沿った、沿面放電15が生成される経路の長さを示す。

[0086]
$$g/L \leq 0.1 \quad (1)$$

この g/L の値は、厳密には、沿面部分と空間短絡部分のそれぞれの絶縁破壊電

圧を足し算したものが、印加電圧より下回るように設定すればよい。しかし、通常、沿面破壊電圧よりも空間破壊電圧の方が大幅に高いため、式(1)で示される範囲に設定すれば、実用的な効果を得ることが可能である。

[0087] 上記LFプラズマジェット生成装置においては、高電位電極3はガス供給管1のガラス壁を誘電体バリアとして媒質ガスに電圧を印加し、補助電極14は誘電体バリアを介することなく媒質ガスに電圧を印加する、片側バリアの構成によりガラス壁に沿った沿面放電を発生させている。一方、補助電極14も補助ガス供給管13のガラス壁を誘電体バリアとして媒質ガスに電圧を印加する、両側バリアの構成によりガラス壁に沿った沿面放電を発生させることも可能である。

[0088] また、上記構成において、補助電極14は補助ガス供給管13の管軸に対して偏って配置されているが、沿面放電の発生が可能であれば、どのような配置であってもよい。

[0089] (実施の形態7)

実施の形態7におけるLFプラズマジェット生成方法について説明する。本実施の形態におけるLFプラズマジェット生成方法は、基本的には、図1A、1Bを参照して実施の形態1として説明した方法と同様である。すなわち、例えばガス供給管1を用いてその噴出口1aから媒質ガス、例えばヘリウムガスを噴出させて媒質ガスのガス流を形成し、その媒質ガス流に接触するかまたは隣接するように単一の高電位電極3を配置して、高電位電極に所定周波数を有するパルス列状の正電圧を印加することにより、媒質ガス流中にプラズマ5を発生させる。

[0090] 上記の基本的なLFプラズマジェット生成方法に対して、起動をより容易にするための改良を加えた方法について、生成方法の工程を示す図9A～9Cの正面図を参照して説明する。

[0091] まず、図9Aに示すように、電圧印加装置4から高電位電極3に対して所定の駆動用パルス電圧を印加するとともに、電圧印加装置4のグラウンド側に接続された電極12を、ガス供給管1の噴出口1aの近傍に位置させる。

[0092] そして、図9Bに示すように、ガス供給管1の噴出口1aからヘリウムガスを噴出させれば、非平衡プラズマジェットの生成が開始される。次に、図9Cに示すように、グラウ

ンド電位の電極12を単一の電極から離間させる。電圧印加装置4からの高電位電極3へのパルス電圧印加を継続すれば、非平衡プラズマジェット生成が維持される。

[0093] このようにすれば、プラズマジェットの起動時の印加電圧を、プラズマジェット生成の維持に必要な程度の低い電圧に低減することができ、電圧印加装置4の小型化に有効である。

[0094] (実施の形態8)

図10は、実施の形態8におけるLFプラズマジェット生成装置を示す正面図である。本実施の形態においては、図1Aに示したものと同様の構成を有するプラズマジェット生成ユニットが4台配置され、各々のユニットに対して、共通の媒質ガス源16からHeガスが供給される。電圧印加装置4は、各ユニットに個別に設けられている。

産業上の利用可能性

[0095] 本発明のプラズマ生成装置は、単純な放電機構により、幅広いパラメーターで安定したプラズマ流を生じさせることが可能であり、プラスチックの表面処理、液中溶解物質の酸化反応、液体モノマーのプラズマ重合など、広範囲に利用可能である。

請求の範囲

- [1] 細長い形状を有する媒質ガス塊からプラズマを生成するプラズマ生成装置であつて、
前記媒質ガス塊中に電場を形成する電場形成要素を備え、
前記電場形成要素は、前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向つて部分放電が起こるように電場を形成するプラズマ生成装置。
- [2] 前記媒質ガス塊として媒質ガス流を発生させるガス流発生要素を備え、
前記電場形成要素は、前記電場形成要素から前記媒質ガス流の上流側および下流側の双方に向つて部分放電が起こるように電場を形成する、請求項1に記載のプラズマ生成装置。
- [3] 内腔を通して前記電場形成要素に媒質ガスを誘導するガス供給部材を更に備え、
前記ガス供給部材により前記媒質ガス流を発生させる、請求項2に記載のプラズマ生成装置。
- [4] 前記電場形成要素は、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な強電場と、前記部分放電を維持可能な弱電場とを形成することが可能である、請求項1に記載のプラズマ生成装置。
- [5] 細長い形状を有する媒質ガス塊からプラズマを生成するプラズマ生成装置であつて、
前記媒質ガス塊中に配置される単一の高電位電極と、
前記高電位電極に電圧を印加する電圧印加要素とを備え、
前記電圧印加要素は、前記高電位電極から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向つて部分放電を発生させる電場が形成される電圧を、前記高電位電極に印加するプラズマ生成装置。
- [6] 内腔を通して前記電場形成要素に媒質ガスを誘導するガス供給部材を更に備え、
前記ガス供給部材により前記媒質ガス流を発生させる、請求項5に記載のプラズマ生成装置。
- [7] 前記ガス供給部材は誘電体からなり、
前記高電位電極は、前記ガス供給部材の外部に設けられている、請求項6に記載

のプラズマ生成装置。

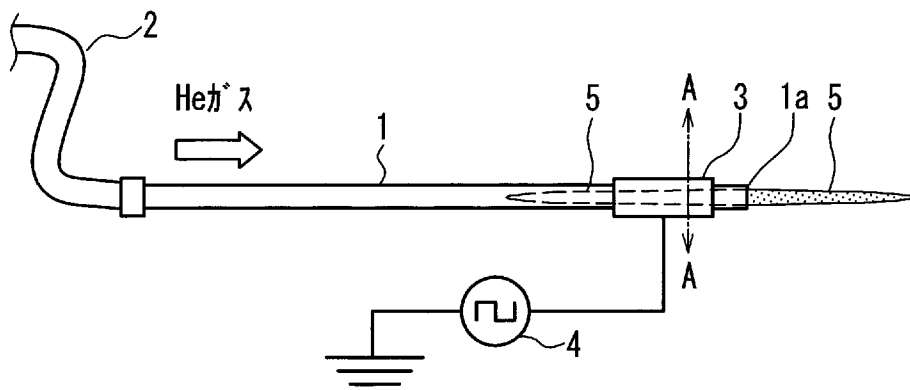
- [8] 前記ガス供給部材は、前記媒質ガスを放出する開口部が平板状をなし、
前記高電位電極は、前記開口部の平板面上に平板状に設けられている、請求項7
に記載のプラズマ生成装置。
- [9] 前記ガス供給部材は円筒構造を有し、
前記高電位電極は円筒構造を有する、請求項7に記載のプラズマ生成装置。
- [10] 前記ガス供給部材は導電体からなり、
前記ガス供給部材が前記高電位電極として用いられる、請求項6に記載のプラズマ
生成装置。
- [11] 前記ガス供給部材は誘電体からなり、
前記高電位電極は、前記ガス供給部材の内腔に設けられている、請求項6に記載
のプラズマ生成装置。
- [12] 前記高電位電極は、前記ガス供給部材と一体構造を成して、前記ガス供給部材の
内面の一部を形成するように設けられ、
前記媒質ガスは、前記ガス供給部材の内壁面及び前記高電位電極の表面に接す
る、請求項11に記載のプラズマ生成装置。
- [13] 前記電圧印加要素は、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な電圧と、前記
部分放電を維持可能な電圧とを供給可能である、請求項7に記載のプラズマ生成装
置。
- [14] 前記高電位電極から離間した位置で前記媒質ガス塊の一部に隣接するように配置
された補助電極を更に備え、
前記補助電極は前記電圧印加要素から接地電位が付与される、請求項5に記載
のプラズマ生成装置。
- [15] 内腔を通して前記媒質ガスを誘導する補助ガス供給部材と、
前記補助ガス供給部材に設けられ、前記電圧印加要素により接地電位が付与され
る補助電極とを更に備え、
前記補助ガス供給部材は、前記媒質ガスを噴出する噴出口が、前記ガス供給部材
の前記媒質ガスを噴出する噴出口に接触するか、または所定の間隔 g を隔てて近接

して配置され、

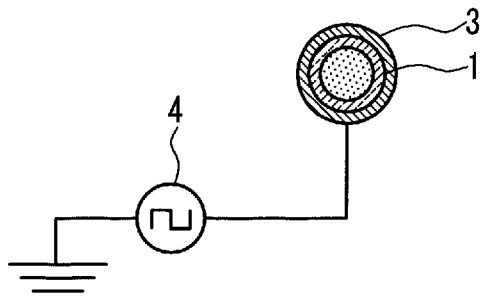
前記ガス供給部材及び前記補助ガス供給部材の少なくとも一方は誘電体からなる請求項6に記載のプラズマ生成装置。

- [16] 複数の前記媒質ガス塊からプラズマを生成するように構成され、
複数の前記媒質ガス塊中に各々配置される前記高電位電極を備えた、請求項5に記載のプラズマ生成装置。
- [17] 媒質ガス塊に電場を形成する電場形成要素によって、細長い形状を有する前記媒質ガス塊からプラズマを生成するプラズマ生成方法であって、
前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が起こるように、前記電場形成要素により前記媒質ガス塊に電場を形成するプラズマ生成方法。
- [18] 前記媒質ガス塊として媒質ガス流を発生させて、
前記電場形成要素から前記媒質ガス流の上流側および下流側の双方に向かって部分放電が起こるように、前記電場形成要素により電場を形成する、請求項17に記載のプラズマ生成方法。
- [19] 前記電場形成要素により、前記媒質ガス塊中で部分放電を開始可能な強電場と、前記部分放電を維持可能な弱電場とを順次形成する、請求項17に記載のプラズマ生成方法。
- [20] 媒質ガス塊に電場を形成する電場形成要素によって、細長い形状を有する前記媒質ガス塊からプラズマを生成するプラズマ生成方法であって、
前記媒質ガス塊中に単一の高電位電極を配置し、
前記電場形成要素から前記媒質ガス塊の長手方向の双方に向って部分放電が発生させる電場が形成される電圧を、前記高電位電極に印加するプラズマ生成方法。
- [21] 前記電場形成要素により前記電場を形成する際に、
前記高電位電極と接地電位箇所との間の距離を、前記高電位電極に印加される電圧により部分放電を開始可能な所定距離に設定し、
次に、前記高電位電極と前記接地電位箇所との間の距離を、部分放電を維持可能な範囲で前記所定距離より大きくする、請求項20に記載のプラズマ生成方法。

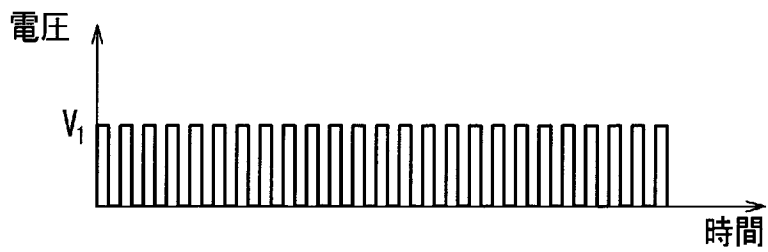
[図1A]



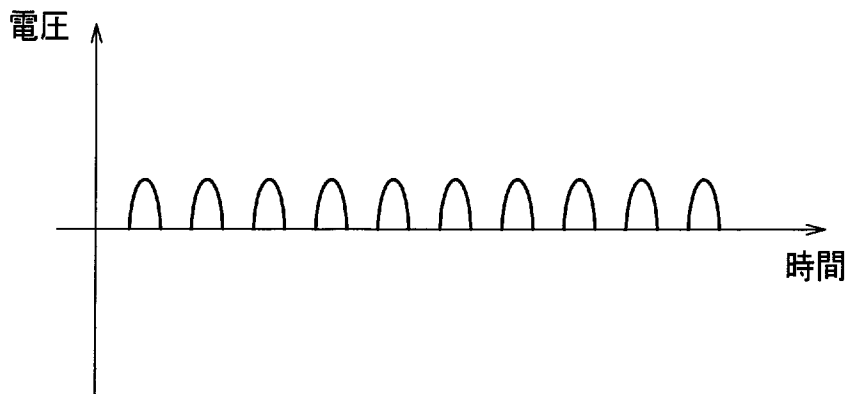
[図1B]



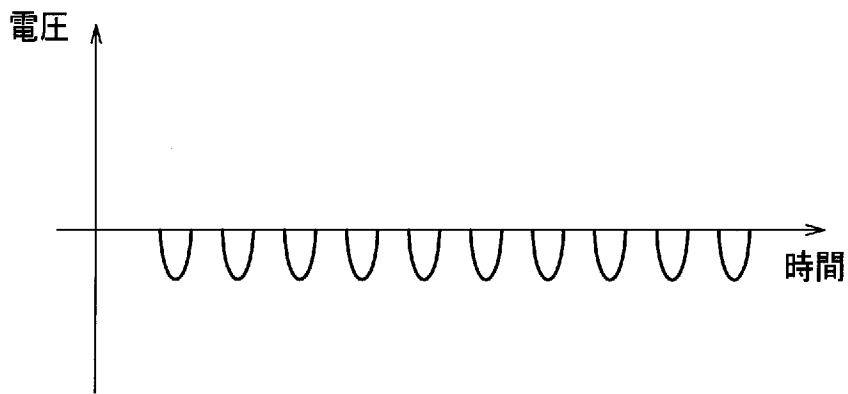
[図2A]



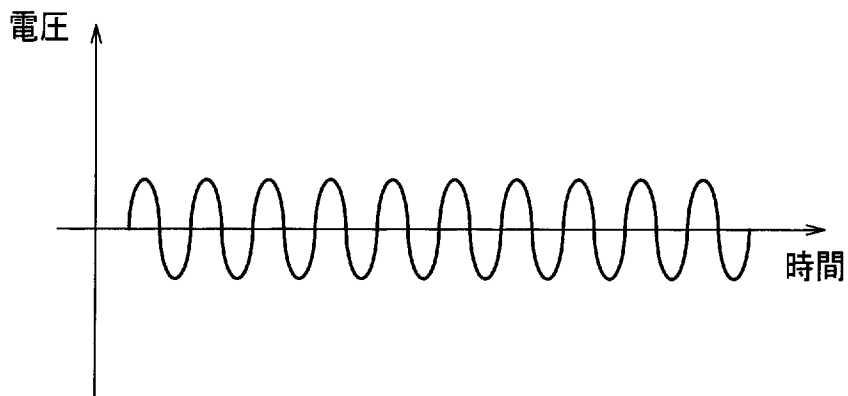
[図2B]



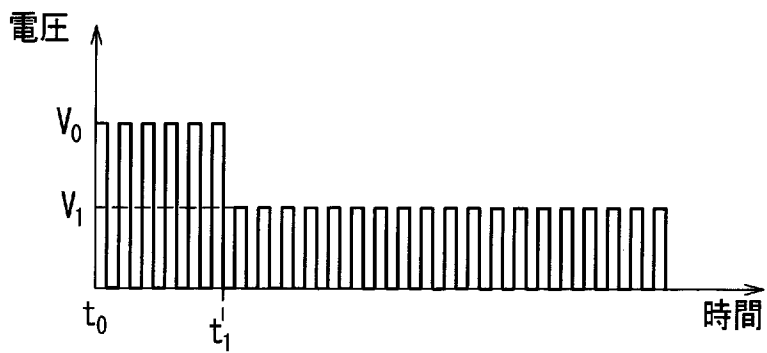
[図2C]



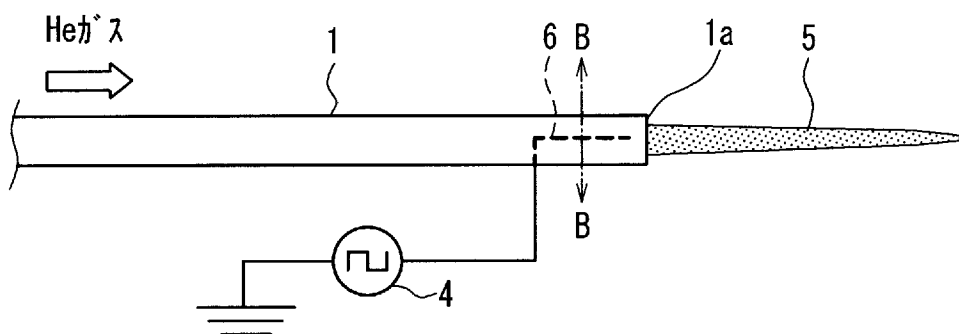
[図2D]



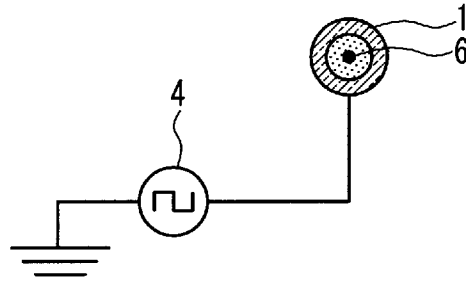
[図2E]



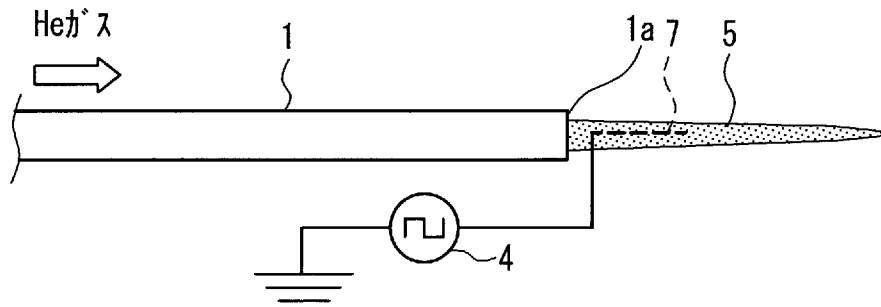
[図3A]



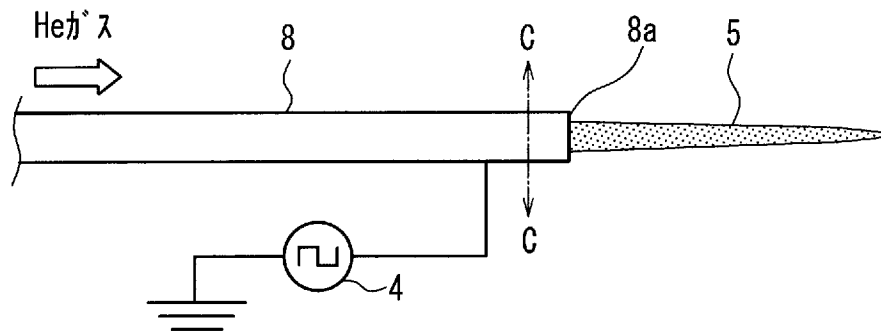
[図3B]



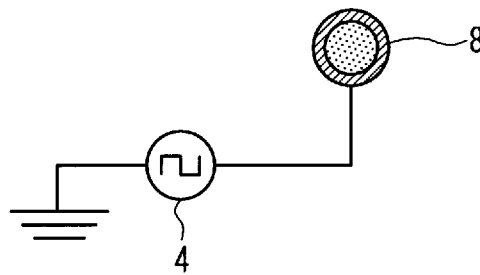
[図4]



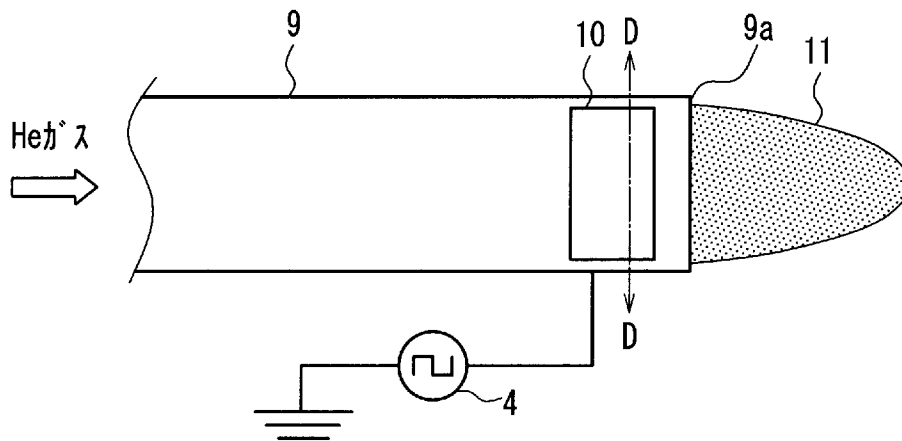
[図5A]



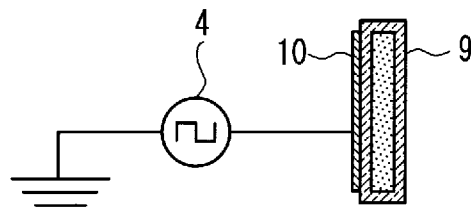
[図5B]



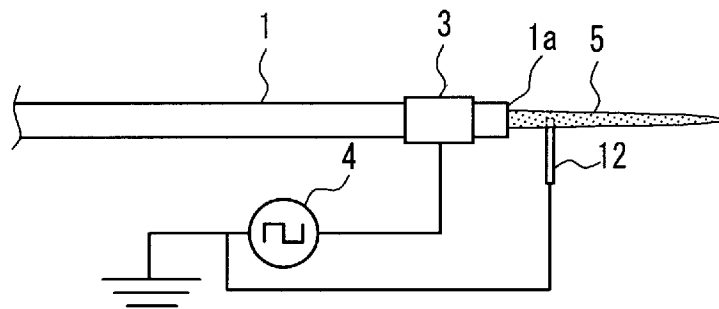
[図6A]



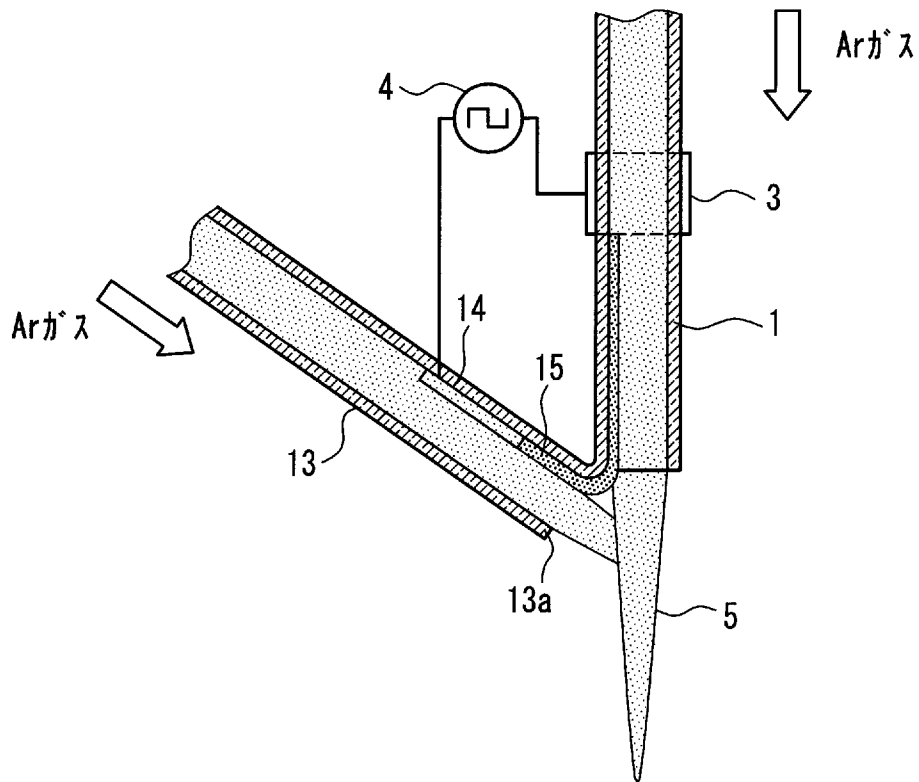
[図6B]



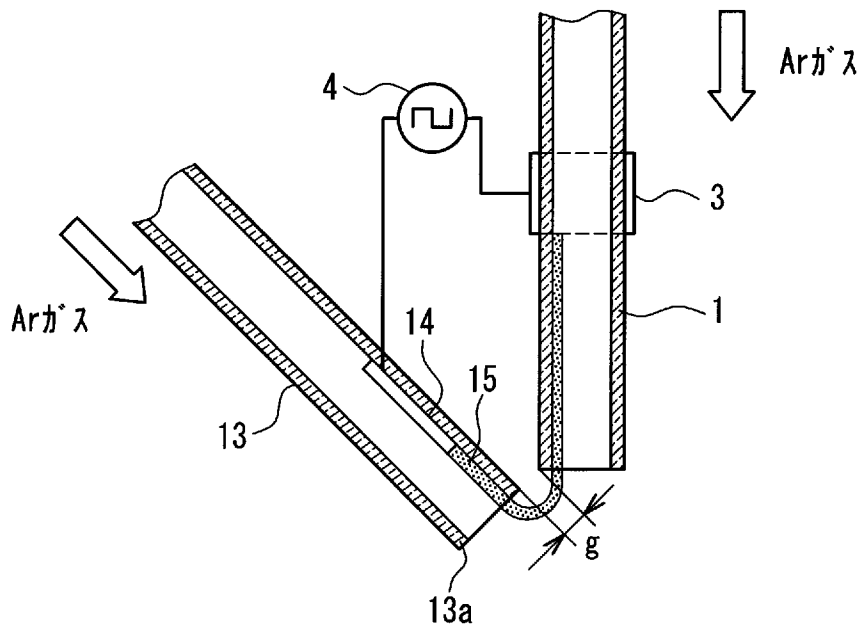
[図7]



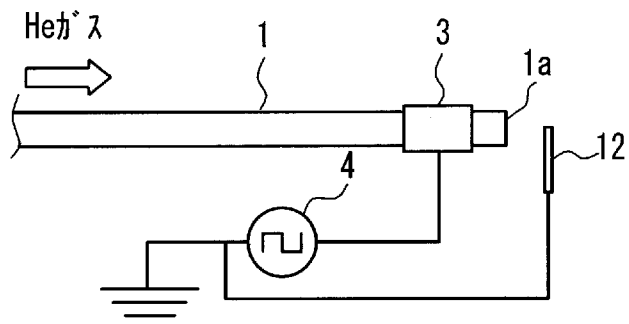
[図8A]



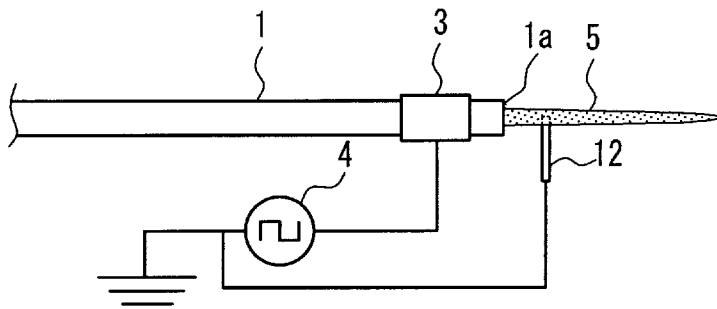
[図8B]



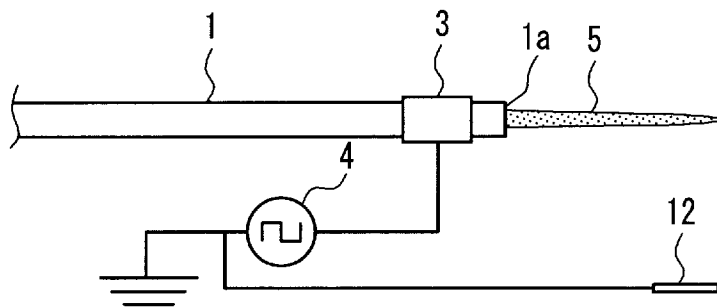
[図9A]



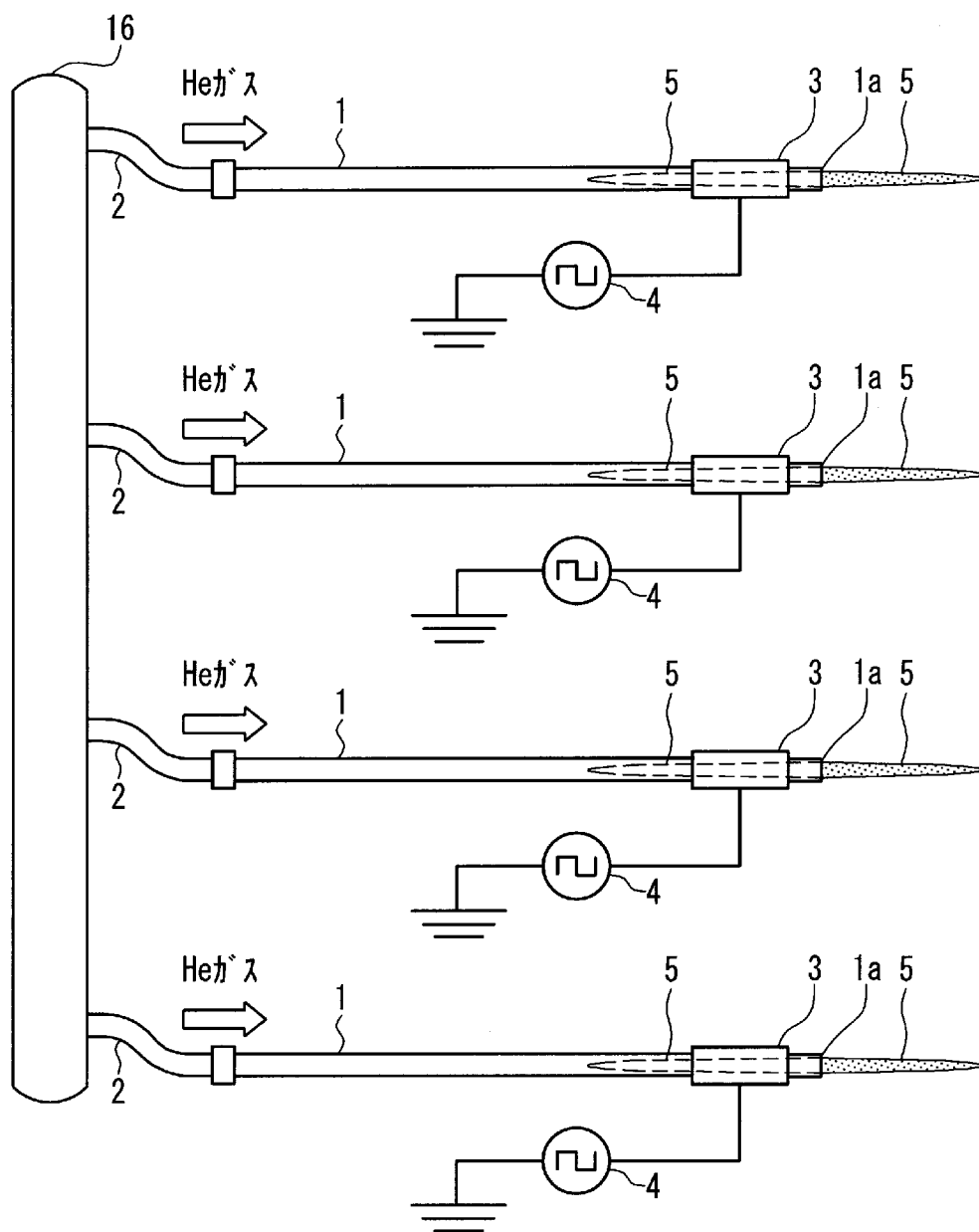
[図9B]



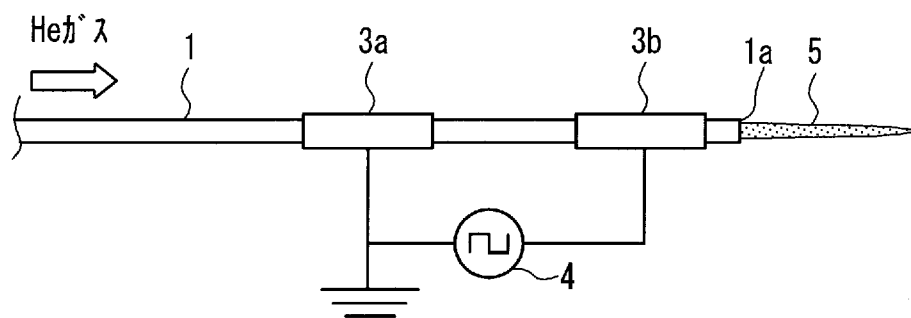
[図9C]



[図10]



[図11]



PCT

紙面による写し(注意 提出用では有りません)

VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て(規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v)) 氏名(姓名)	本国際出願 に関し、 財団法人大阪産業振興機構 OSAKA INDUSTRIAL PROMOTION ORGANIZATION は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のよう 開示されたことを申し立てる。
VIII-5-1(i)	開示の種類:	その他 ポスター
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2006年 06月 13日 (13.06.2006)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	大気圧RFバリアー放電による液体表面ならびに液中におけるグロープラズマの生成と諸特性
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	第6回核融合エネルギー連合講演会
VIII-5-1(i)	開示の種類:	刊行物
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2006年 08月 29日 (29.08.2006)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	第67回応用物理学会学術講演会講演予稿集「液体接触大気圧放電プラズマの生成と諸特性」
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	(社) 応用物理学会
VIII-5-1(i)	開示の種類:	刊行物
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2006年 11月 20日 (20.11.2006)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	(社) プラズマ・核融合学会第23回年会予稿集「低周波高電圧電源を用いた大気圧プラズマジェットの放電機構」
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	社団法人プラズマ・核融合学会

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061837

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05H1/24 (2006.01) i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H05H1/24</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Koho</td> <td style="width:16%;">1922-1996</td> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td style="width:18%;">1996-2007</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2007</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2007</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007				
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007											
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007											
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">Y A</td> <td>JP 2002-368389 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 20 December, 2002 (20.12.02), Par. Nos. [0001], [0025], [0026], [0037] to [0040], [0086]; Figs. 1, 3, 9</td> <td align="center">1-14, 16-21 15</td> </tr> <tr> <td align="center">Y</td> <td>Katsuhisa KITANO et al., "Teishuha Koden'atsu Dengen o Mochiita Taikiatsu Plasma Jet no Hoden Kiko", Plasma and Fusion Research, Dai 23 Kai Nenkai Yokoshu, 28 November, 2006 (28.11.06), 01pC05, page 301</td> <td align="center">1-14, 16-21</td> </tr> <tr> <td align="center">Y</td> <td>JP 2003-282443 A (Japan Science and Technology Corp.), 03 October, 2003 (03.10.03), Par. No. [0026]; Fig. 3</td> <td align="center">4, 13, 19</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y A	JP 2002-368389 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 20 December, 2002 (20.12.02), Par. Nos. [0001], [0025], [0026], [0037] to [0040], [0086]; Figs. 1, 3, 9	1-14, 16-21 15	Y	Katsuhisa KITANO et al., "Teishuha Koden'atsu Dengen o Mochiita Taikiatsu Plasma Jet no Hoden Kiko", Plasma and Fusion Research, Dai 23 Kai Nenkai Yokoshu, 28 November, 2006 (28.11.06), 01pC05, page 301	1-14, 16-21	Y	JP 2003-282443 A (Japan Science and Technology Corp.), 03 October, 2003 (03.10.03), Par. No. [0026]; Fig. 3	4, 13, 19
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
Y A	JP 2002-368389 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 20 December, 2002 (20.12.02), Par. Nos. [0001], [0025], [0026], [0037] to [0040], [0086]; Figs. 1, 3, 9	1-14, 16-21 15												
Y	Katsuhisa KITANO et al., "Teishuha Koden'atsu Dengen o Mochiita Taikiatsu Plasma Jet no Hoden Kiko", Plasma and Fusion Research, Dai 23 Kai Nenkai Yokoshu, 28 November, 2006 (28.11.06), 01pC05, page 301	1-14, 16-21												
Y	JP 2003-282443 A (Japan Science and Technology Corp.), 03 October, 2003 (03.10.03), Par. No. [0026]; Fig. 3	4, 13, 19												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; border:none;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>										
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 12 September, 2007 (12.09.07)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 25 September, 2007 (25.09.07)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office</p>		<p>Authorized officer</p>												
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061837

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-65739 A (Bridgestone Corp.), 08 March, 1994 (08.03.94), Par. Nos. [0025], [0034]; Figs. 16, 18	9, 11, 12
Y	JP 2004-111948 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 April, 2004 (08.04.04), Par. Nos. [0047], [0048]; Fig. 1	10
Y	JP 2002-313599 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 25 October, 2002 (25.10.02), Par. Nos. [0028], [0037]; Fig. 1	14, 21
A	Katsuhisa KITANO et al., "Taikiatsu RF Barrier Hoden ni yoru Ekitai Hyomen Narabi Ekichu ni Okeru Glow Plasma no Seisei to Shotokusei", Dai 6 Kai Joint Conference for Fusion Energy Yokoshu, 13 June, 2006 (13.06.06), 14K06, page 172	1-21
A	Katsuhisa KITANO et al., "Ekitai Sesshoku Taikiatsu Hoden Plasma no Seisei to Shotokusei", Dai 67 Kai Extended abstracts; the Japan Society of Applied Physics, 29 August, 2006 (29.08.06), 1a-S-11, page 148	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2007/061837

JP 2002-368389 A	2002.12.20	(Family: none)
JP 2003-282443 A	2003.10.03	(Family: none)
JP 6-65739 A	1994.03.08	US 005316739 A1 GB 002259185 A DE 004227631 A1
JP 2004-111948 A	2004.04.08	US 2004/0129220 A1
JP 2002-313599 A	2002.10.25	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H05H1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H05H1/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2007年
 日本国実用新案登録公報 1996-2007年
 日本国登録実用新案公報 1994-2007年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2002-368389 A (松下電工株式会社) 2002. 12. 20, 段落【0001】、【0025】、【0026】、【0037】～【0040】、【0086】、図1、図3、図9	1-14, 16-21 15
Y	北野勝久他、低周波高電圧電源を用いた大気圧プラズマジェット の放電機構、プラズマ・核融合学会、第23回年会予稿集、2006, 11, 28, 01pC05, 第301頁	1-14, 16-21

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 12.09.2007	国際調査報告の発送日 25.09.2007
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 林 靖 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21	3489
---	--	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-282443 A (科学技術振興事業団) 2003. 10. 03, 段落【0026】、図3	4, 13, 19
Y	JP 6-65739 A (株式会社ブリヂストン) 1994. 03. 08, 段落【0025】、【0034】、図16、図18	9, 11, 12
Y	JP 2004-111948 A (松下電器産業株式会社) 2004. 04. 08, 段落【0047】、【0048】、図1	10
Y	JP 2002-313599 A (松下電工株式会社) 2002. 10. 25, 段落【0028】、【0037】、図1	14, 21
A	北野勝久他、大気圧RFバリアー放電による液体表面ならび液中におけるグロープラズマの生成と諸特性、第6回核融合エネルギー連合講演会予稿集、2006, 06, 13. 14K06, 第172頁	1-21
A	北野勝久他、液体接触大気圧放電プラズマの生成と諸特性、第67回応用物理学会学術講演会講演予稿集、2006, 08, 29. 1a-S-11, 第148頁	1-21

JP 2002-368389 A	2002. 12. 20	ファミリーなし
JP 2003-282443 A	2003. 10. 03	ファミリーなし
JP 6-65739 A	1994. 03. 08	US 005316739 A1 GB 002259185 A DE 004227631 A1
JP 2004-111948 A	2004. 04. 08	US 2004/0129220 A1
JP 2002-313599 A	2002. 10. 25	ファミリーなし