

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4611409号
(P4611409)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010.10.22)

| | | | |
|-------------------|------------------|------|--------|
| (51) Int.Cl. | | F I | |
| H05H 1/46 | (2006.01) | H05H | 1/46 A |
| H05H 1/24 | (2006.01) | H05H | 1/24 |
| C23C 16/50 | (2006.01) | C23C | 16/50 |

請求項の数 3 (全 8 頁)

| | |
|---|---|
| <p>(21) 出願番号 特願2008-225485 (P2008-225485)</p> <p>(22) 出願日 平成20年9月3日(2008.9.3)</p> <p>(65) 公開番号 特開2010-61938 (P2010-61938A)</p> <p>(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)</p> <p>審査請求日 平成22年6月22日(2010.6.22)</p> <p>早期審査対象出願</p> | <p>(73) 特許権者 308024018 沖野 晃俊 神奈川県横浜市都筑区茅ヶ崎中央1-1-1 -607</p> <p>(73) 特許権者 308024029 宮原 秀一 東京都葛飾区新小岩4-1-4-13</p> <p>(74) 代理人 100081282 弁理士 中尾 俊輔</p> <p>(74) 代理人 100085084 弁理士 伊藤 高英</p> <p>(74) 代理人 100095326 弁理士 畑中 芳実</p> <p>(74) 代理人 100115314 弁理士 大倉 奈緒子</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p> |
|---|---|

(54) 【発明の名称】 プラズマ温度制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ用ガスをプラズマにするプラズマ発生部と、
冷却部及び加熱部からなり、前記プラズマ発生部に供給するプラズマ用ガスの温度を制御するプラズマ用ガス温度制御部と、

プラズマの温度を測定する温度測定部と、を備え、

前記温度測定部で測定されたプラズマの温度を前記プラズマ用ガス温度制御部にフィードバックして、プラズマ用ガスの温度を制御することにより、前記プラズマ発生部で発生するプラズマの温度を零下の温度に制御する、プラズマ温度制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマ温度制御装置において、

前記プラズマ発生部に断熱材が配置されている、プラズマ温度制御装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のプラズマ温度制御装置において、

前記プラズマ用ガス温度制御部は液体窒素によりプラズマ用ガスを冷却する、プラズマ温度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマの温度の制御に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、プラズマの温度は、プラズマを生成するガスの種類、ガスの流量、印加するエネルギーの量、プラズマを生成する方法、プラズマ発生室の雰囲気などにより、ほぼ決定されると考えられていた。

【0003】

最近、プラズマの温度を下げる要求があるが、そのために、プラズマ発生室に供給するエネルギーに対してプラズマに導入するガスの流量を増やすことにより、プラズマガスに供給するエネルギーを少なくしてプラズマ温度を下げたり、プラズマに投入するエネルギーの量を減らして、多少なりともプラズマの温度の低下を計ったりしている。しかし、大幅な温度低下を得ることはできなかった。

10

【0004】

例えば、プラズマの生成に、パルス電源を用い、プラズマへ投入する電力を間欠的に行い、プラズマに加えるエネルギー量をトータルとして削減し(0.2W~3Wと極少にして)、プラズマの温度の低下を計っている。また、放電電極を冷却する試みがあるが、これも電極やプラズマの「温度上昇」を抑えることが目的である(非特許文献1参照)。

【0005】

また、プラズマの温度を下げるために、熱伝導率の高いヘリウムガスをプラズマガスに用い、プラズマで発生する熱をガスに伝熱させて逃し、また、プラズマ生成に必要な電力を極限まで絞り、また、プラズマへ投入する電力を間欠的に行い、プラズマに加えるエネルギー量をトータルとして削減する(非特許文献2の235頁、236頁、245頁参照)。

20

【0006】

また、パルス動作、パワーの低下、ガス流量の増加により、「プラズマの温度を少しでも上げない」試みはあるが、これらはすべて「供給するガスの温度」より温度上昇を抑える試みである。

【0007】

このように、プラズマの技術分野では、プラズマの温度を制御する要望はあるが、プラズマとなる前のプラズマ用ガスの温度を制御して、プラズマの温度を制御する技術思想は、全く無く、予測することができなかった。特に、「供給するガス」の温度を下げるアイデアは従来なく、本発明が初めてのものである。

30

【非特許文献1】The 35th IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS 2008) Oral Session 1E on Monday, June 16, 09:30 - 12:00 Conference Abstracts, 2D4

TOXICITY OF NON-THERMAL PLASMA TREATMENT OF ENDOTHELIAL CELLS

【非特許文献2】マイクロ・ナノプラズマ技術とその産業応用、株式会社シーエムシー出版、2006年12月27日発行

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

(1) 本発明は、プラズマ温度を制御可能にすることにある。

40

(2) また、本発明は、室温以下、特に、零下のプラズマを生成可能とすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施の形態は、プラズマ用ガスをプラズマにするプラズマ発生部と、冷却部及び加熱部からなり、前記プラズマ発生部に供給するプラズマ用ガスの温度を制御するプラズマ用ガス温度制御部と、プラズマの温度を測定する温度測定部とを備え、前記温度測定部で測定されたプラズマの温度を前記プラズマ用ガス温度制御部にフィードバックして、プラズマ用ガスの温度を制御することにより、前記プラズマ発生部で発生するプラズマの温度を零下の温度に制御する、プラズマ温度制御装置にある。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 0 】

本発明は、プラズマ温度を制御可能にすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

発明を実施するためのプラズマ温度制御装置は、プラズマガス温度制御部を利用してプラズマ用ガスの温度を調節することで、プラズマの温度を任意に制御することが可能となる。例えば、プラズマ用ガスの温度を調節することで、摂氏零度以下のプラズマ温度、更には、絶対温度100Kより低いプラズマの温度を得ることが可能となる。プラズマ温度制御装置は、プラズマ用ガスをプラズマにするプラズマ発生部、プラズマ発生部に供給するプラズマ用ガスの温度を制御するプラズマ用ガス温度制御部などを備えている。プラズマ用ガスとは、プラズマになる前のガス、プラズマとして生成されるガスであり、一般に、プラズマガスとも呼ばれている。プラズマ用ガス温度制御部は、プラズマ用ガスを室温より高く、又は、低く制御でき、プラズマ用ガスの温度を制御できるものであればどのようなものでも良い。プラズマ用ガスは、アルゴン、ヘリウムなど希ガスの他に、酸素、水素、窒素、メタン、フロン、空気、水蒸気など各種の気体若しくはこれらの混合物なども適用できる。プラズマとは、大部分が電離している状態でも、大部分が中性粒子で一部が電離状態でも、又は、励起状態でもよい。プラズマ温度制御装置は、DLC薄膜生成、プラズマプロセッシング、プラズマCVD、微量元素分析、ナノ粒子生成、プラズマ光源、プラズマ加工、ガス処理、プラズマ殺菌など広範囲の分野に応用できる。

10

【 0 0 1 2 】

図1は、プラズマ温度制御装置10の一例を示し、プラズマ用ガス供給部20、プラズマ用ガス温度制御部30、プラズマ発生部40、電源50などを備えている。プラズマ発生部40は、プラズマ用ガスをプラズマにできるものであれば、どのような構造や原理でも良く、例えば、誘導結合プラズマ法、空洞共振器などを用いたマイクロ波プラズマ法、平行平板や同軸型などの電極法など種々の方法や手段を利用することができる。プラズマを発生するための電源50は、直流から交流、高周波、マイクロ波以上まで、様々な形態を利用でき、外部からレーザー等の光、衝撃波などを導入してプラズマを発生してもよい。また、プラズマ発生部40は、プラズマを可燃ガス、可燃液体、可燃固体等の燃焼によって発生させてもよい。また、プラズマ発生部40は、これら複数の方法や手段を組み合わせ、プラズマを発生させてもよい。プラズマ発生部40は、用途に応じて、真空から大気圧、大気圧以上の高気圧のプラズマを生成する。

20

30

【 0 0 1 3 】

図2は、プラズマ温度制御装置10の実施の形態を示している。プラズマ発生部40は、並行平板型/容量結合型プラズマ生成装置である大気圧高周波非平衡プラズマ発生装置であり、通常のプラズマ生成条件で運転する。プラズマ発生部40に供給する電源50は、高周波電源52を用い、プラズマ発生部との間でマッチングを取るために、高周波整合回路54を配置する。このようにして、高周波電源52は、プラズマ発生部40に電力を供給する。

【 0 0 1 4 】

プラズマ用ガス温度制御部30は、プラズマ用ガスをガス配管12を介して、液体窒素を用いた冷却機32を通し、低温にしてプラズマ発生部40に導入する。冷却機32は、容器に液体窒素を入れ、プラズマ用ガスの配管12を容器に出し入れして温度を調整した。プラズマ用ガスは、プラズマ用ガスのヘリウムの保存部22からガス配管12を介して、圧力調節器24、流量調節器26を通り、冷却機32に送られる。プラズマ用ガスの温度は、必要に応じて、プラズマ発生部40の手前のガス配管12でプラズマ用ガス温度測定部34により測定される。なお、ガス冷却後に再度プラズマ用ガスの温度が上昇など変化するのを抑えるため、ガス配管12やプラズマ発生部40などに断熱材14を配置する。断熱材14は、ガス配管12やプラズマ発生部40の内部や外部に配置する。

40

【 0 0 1 5 】

プラズマの温度は、プラズマ温度測定部60で測定する。プラズマ温度測定部60は、

50

プラズマ発生部 40 のプラズマ噴出出口に熱電対 62 を設置し、プラズマの温度 (ガス温度 T_g) を測定する。このとき、プラズマの温度を正確に測るため、熱電対 62 を、図示していないが、アルミテープで囲い、外部からの擾乱を抑えた。プラズマ発生部 40 の温度を測ってしないよう、アルミテープを撓ませ、熱電対 62 の感温部がプラズマ発生部 40 に接触しないようにした。

【0016】

図 3 は、プラズマ温度と冷却開始後の時間の関係を示している。図 3 の測定に用いたプラズマ温度制御装置 10 は、図 2 に概要を示してあり、液体窒素を用いた冷却機 32 を通じ、十分に温度を低下させたプラズマ用ガスを大気圧高周波非平衡プラズマの発生部 40 に導入している。プラズマ用ガスの流量は、15 リットル (L) / 分であり、電源 50 は、RF 電力の 60 W を供給する。図 3 は、プラズマ温度を一定時間毎に測定し、冷却したプラズマ用ガスを導入する前後でのプラズマ温度の変化を示している。図 3 の横軸の目盛 0 は、プラズマ用ガスの冷却開始時を示している。大気圧高周波非平衡プラズマ発生部 40 により生成するヘリウムプラズマの標準的なプラズマ温度は 80 ~ 100 である。プラズマ温度は、冷却開始の 2 分後に 80 から 40 になり、8 分後に -10 になり、12 分後に -20 以下になった。このように、図 3 からプラズマ用ガスの温度を変化させることで、プラズマ温度をコントロールできることが明らかとなった。プラズマ用ガスの温度を変化させても、少なくとも目視の範囲ではプラズマが不安定になることは無く、消滅する現象は観察されなかった。

【0017】

プラズマ発生部 40 により生成したヘリウムプラズマの場合、プラズマ発生部 40 に供給するプラズマ用ガスを -163 まで低下させることで、-23.7 の低温プラズマを生成できた。プラズマ温度が低下するまでに数分程度の時間を要するのは、主にガス配管 12 を冷却する時間に充てられていると考えられる。本手法は、プラズマ用ガスの温度をコントロールすることで、プラズマの温度を制御できることを示している。

【0018】

本発明の実施の形態では、プラズマ用ガスの温度を制御できれば良いので、電極の存在するプラズマ発生部 40 の場合、電極を温度制御することでプラズマ用ガスの温度をコントロールすることも可能である。

【0019】

図 4 は、プラズマ温度制御装置 10 の他の実施の形態を示している。プラズマ用ガス温度制御部 10 は、プラズマ用ガスを冷却する冷却部 36 と冷却されたプラズマ用ガスを加熱する加熱部 38 を備えている。プラズマ用ガスの温度は、先ず、冷却部 36 で冷却し、加熱部 38 で加熱して所定の温度に制御する。これにより、比較的容易にプラズマ用ガスの温度を正確に制御することができる。

【0020】

プラズマ用ガスの温度は、プラズマ温度測定部 60 によりプラズマ温度を測定して、プラズマ用ガス温度制御部 30 にフィードバックして、プラズマ温度を精密に制御することができる。プラズマ用ガス温度制御部 30 に加熱部 38 を有する場合、フィードバックを加熱部 38 にかけて、加熱部 38 を制御するとよい。プラズマ用ガスをプラズマ発生部 40 に供給する部分の熱容量を小さくすることにより、よりプラズマ温度を正確に制御することができる。

【0021】

図 5 は、プラズマ温度の制御のグラフを示している。このように、プラズマ温度を任意に制御することにより、プラズマ温度制御装置 10 は、多数の用途に利用できる可能性が出てくる。

【0022】

本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形

10

20

30

40

50

態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】プラズマ温度制御装置のブロック図

【図2】プラズマ温度制御装置の具体的な実施の形態の説明図

【図3】図2のプラズマ温度制御装置で得られたプラズマ温度のグラフの図

【図4】他のプラズマ温度制御装置のブロック図

【図5】プラズマ温度制御装置で得られるプラズマ温度の制御図

10

【符号の説明】

【0024】

10・・・プラズマ温度制御装置

12・・・ガス配管

14・・・断熱材

20・・・プラズマ用ガス供給部

22・・・プラズマ用ガス保存部

24・・・圧力調節器

26・・・流量調節器

30・・・プラズマ用ガス温度制御部

20

32・・・冷却機

34・・・プラズマ用ガス温度測定部

36・・・プラズマ用ガス冷却部

38・・・プラズマ用ガス加熱部

40・・・プラズマ発生部

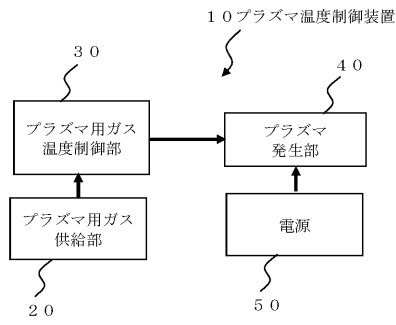
50・・・電源

60・・・プラズマ温度測定部

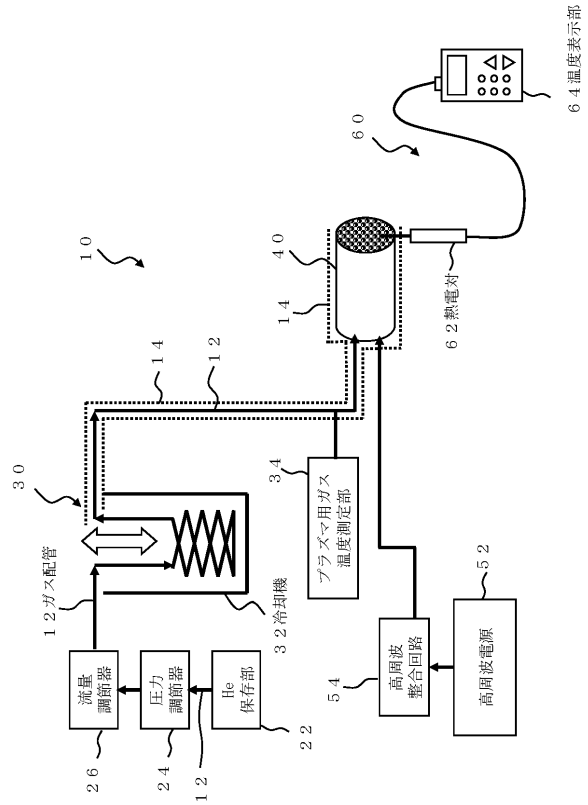
62・・・熱電対

64・・・温度表示部

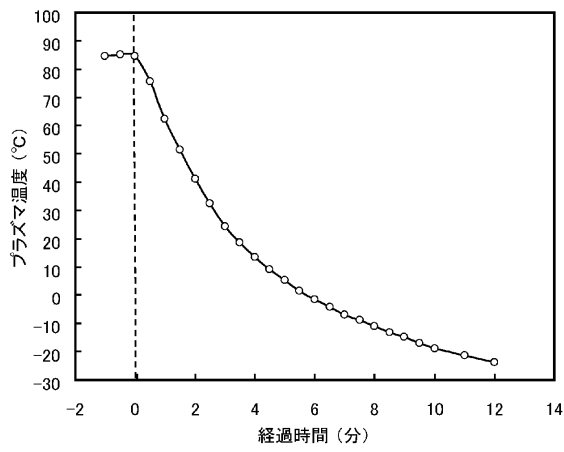
【図1】



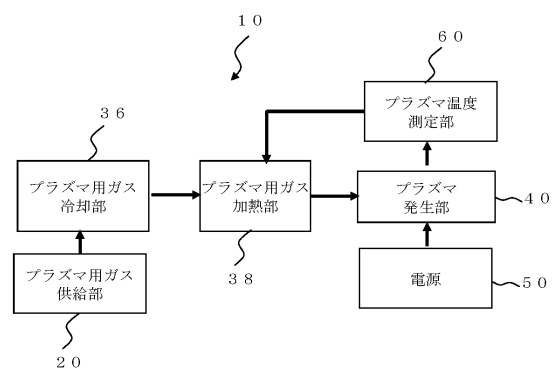
【図2】



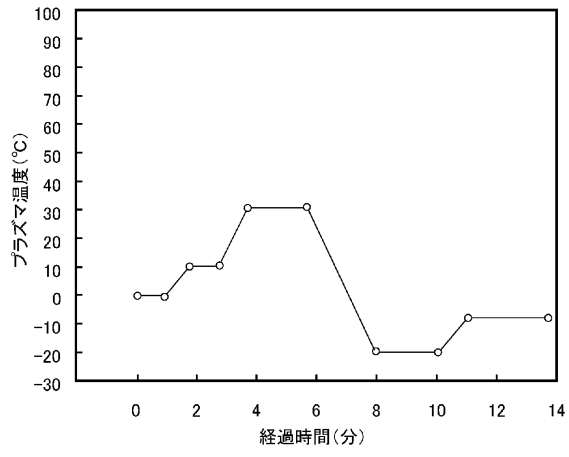
【図3】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100117190
弁理士 玉利 房枝
- (74)代理人 100088487
弁理士 松山 允之
- (74)代理人 100119035
弁理士 池上 徹真
- (74)代理人 100120385
弁理士 鈴木 健之
- (74)代理人 100141036
弁理士 須藤 章
- (72)発明者 沖野 晃俊
神奈川県横浜市都筑区茅ヶ崎中央11-1-607
- (72)発明者 宮原 秀一
東京都葛飾区新小岩4-14-13

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 特開2007-227297(JP,A)
特開2007-227068(JP,A)
国際公開第05/065805(WO,A1)
特開平08-181111(JP,A)
特開2003-203904(JP,A)
特開平11-067732(JP,A)
特開平09-057092(JP,A)
特開2002-299316(JP,A)
特開昭61-068126(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46
C23C 16/50
H05H 1/24
H01L 21/3065