

【書類名】特許願

【整理番号】P Y M 2 0 0 2 4 1 3

【あて先】特許庁長官 殿

【国際特許分類】G 2 1 K

【発明者】

【住所又は居所】宮城県名取市ゆりが丘3丁目17の3

【氏名】 安カ川 誠

【特許出願人】

【識別番号】5 0 9 0 0 4 0 3 3

【氏名又は名称】株式会社センリョウ

【代理人】

【識別番号】1 0 0 0 9 5 3 5 9

【弁理士】

【氏名又は名称】須田 篤

【代理人】

【識別番号】1 0 0 1 4 3 8 3 4

【氏名又は名称】楠 修二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】0 2 3 5 1 5

【納付金額】1 4 0 0 0

【提出物件の目録】

【物件名】特許請求の範囲 1

【物件名】明細書 1

【物件名】図面 1

【物件名】要約書 1

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ加熱装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ加熱装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電子ビームを被加熱材料に照射して加熱蒸発させるプラズマ電子ビーム加熱装置が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平4-2768号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載のプラズマ電子ビーム加熱装置では、電子ビームの照射により発生する熱を高温にしにくいという課題があった。

【0005】

本発明は、このような課題に着目してなされたもので、電子ビームの照射により発生する熱を高温にしやすいプラズマ加熱装置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】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明に係るプラズマ加熱装置は、真空ポンプに接続された真空チャンバと、トーラス状の内面を有し、マイナスに帯電可能であって前記内面が絶縁体膜で被覆された管状導体と、直管状でマイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜で被覆され、前記管状導体の外側内面方向に伸び、一端に前記真空チャンバの内部に位置する入射口を有し、他端が前記管状導体と結合して前記管状導体の内部に連通する入射管と、前記入射管に連通し前記入射管を通して前記管状導体の内部に水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスを供給するタンクと、前記真空チャンバの内部で前記入射口から前記管状導体の内部に電子ビームを入射して、マイナスに帯電した前記管状導体で反射させ、前記タンクから前記管状導体の内部に供給されるガスをプラズマ化させる電子銃と、前記管状導体を包囲し、内部に流水経路を有する冷却器とを、有することを特徴とする。

【0007】

本発明に係るプラズマ加熱装置は、電子銃により真空チャンバの内部の入射管の入射口から管状導体の内部に電子ビームを入射させる。入射した電子ビームは、マイナスに帯電した管状導体の内面で反射し、タンクから管状導体の内部に供給された水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスをプラズマ化させる。水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスのプラズマ化により、容易に高温を発生させることができる。管状導体の温度は、冷却器の流水経路を流れる水により下げることができる。流水経路を流れた高温の水は、発電や暖房などに利用することができる。

【0008】

本発明に係るプラズマ加熱装置では、導体から成って前記入射口を動力により開閉可能なシャッタが設けられ、前記シャッタはマイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜で被覆されていることが好ましい。

本発明に係るプラズマ加熱装置は、前記管状導体の内部の温度を測定するための温度測定装置と、前記管状導体の内部で中性子線が発生した場合に中性子線を測定するための中性子線測定器とを、有することが好ましい。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、電子ビームの照射により発生する熱を高温にすることができるプラズマ加熱装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態のプラズマ加熱装置を示す中央縦断面概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面に基づき、本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の実施の形態のプラズマ加熱装置を示している。

図1に示すように、プラズマ加熱装置は、真空チャンバ1と、管状導体2と、入射管3と、タンク4と、電子銃5と、冷却器6と、温度測定装置7と、中性子線測定器8とを有している。

【0012】

真空チャンバ1は、真空ポンプ11に接続され、内部を真空に減圧可能となっている。

管状導体2は、円をその直径と平行の回転軸線21から所定の距離をあけて回転軸線21を中心として1周回転させた立体形状であるトーラス状の内面を有し、高圧電源に接続されてマイナスに帯電可能である。管状導体2の内面は、絶縁体膜2a（強誘電体）で被覆されている。管状導体2の電圧は、電子銃5の電子ビーム5aが絶縁体膜2aに到達しないよう電子ビーム強度より高い電圧にコントロールされる。

【0013】

入射管3は、直管状で、管状導体2を介して高圧電源に接続されてマイナスに帯電可能であって、内面が絶縁体膜3aで被覆されている。入射管3は、トーラス回転軸線21に対しねじれの位置にあり、管状導体2のトーラス回転軸線21の垂直面に沿って管状導体2の最大径の外側内面方向に伸びている。入射管3は、一端に真空チャンバ1の内部に位置する入射口3bを有し、他端が管状導体2と結合して管状導体2の内部に連通している。入射管3は、入射口3bを動力により開閉可能なシャッタ3cを有している。シャッタ3cは、マイナスに帯電可能であって、入射口3b側の内面が絶縁体膜で被覆されている。シャッタ3cは、電子ビーム5a照射時のみ開閉するようになっている。

【0014】

タンク4は、入射管3に連通し、入射管3を通して管状導体2の内部に水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスを供給するようになっている。電子銃5は、真空チャンバ1の内部で入射口3bから管状導体2の内部に電子ビーム5aを入射して、マイナスに帯電した管状導体2で電子ビーム5aを反射させ、タンク4から管状導体2の内部に供給されるガスをプラズマ化させるようになっている。電子銃5により照射される電子ビーム5aは、500mAの1keVから50keV程度で、連続照射が可能であることが好ましい。

【0015】

冷却器6は、管状導体2を包囲している。冷却器6は、注水口6aと排水口6bとを有している。冷却器6は、内部に循環する流水経路を有している。循環する流水は、純水Wから成る。

温度測定装置7は、温度測定用X線カメラから成り、入射口3bから入射管3を通して管状導体2の内部で発生するX線を捉え、管状導体2の内部の温度を測定するようになっている。中性子線測定器8は、管状導体2の内部で中性子線が発生した場合に中性子線を測定するようになっている。

【0016】

次に、作用について説明する。

プラズマ加熱装置は、電子銃5により真空チャンバ1の内部の入射管3の入射口3bから管状導体2の内部に電子ビーム5aを入射させる。管状導体2の内部には、タンク4から水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスが供給されている。入射口3bは、シャッタ3cにより電子ビーム5a照射時のみ開くので、管状導体2の内部から真空チャンバ1の内部にガスが漏れ出ることはない。

【0017】

入射した電子ビーム5aは、マイナスに帯電した管状導体2の内面で反射する。反射した電子ビーム5aは、管状導体2の内部の水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスをプラズマ化させる。電極面の電場によって反射した電子ビーム5aは、他の電極面の間を頻りに反射を繰り返すことになるが、入射口3bの方向には向かず、すべての電子ビーム5aエネルギーはガスのプラズマ化や輻射熱を含む熱エネルギーに変換される。

【0018】

高温化に伴いプラズマ化した水素などのガスは管状導体2の外部に飛び出そうとするが、管状導体2はマイナス帯電するように印加されており、その内面は絶縁体膜2a（強誘電体）で覆われている。そのため、プラズマ化したガスの陽子などの軽い陽イオンは陰極の管状導体2に引き寄せられ絶縁体膜2aの内部に侵入することになるが、その速度によりそれぞれ一定の飛程で停止するブラッグピークを形成し、その部分の絶縁体基質を集中的に電離し、二次電子を放出させる。そのため、十分なガスがあれば、低電圧での電子ビーム5a照射により絶縁体膜2aから浅い位置に絶縁体を構成する原子からなる重い陽イオン層を作ることができる。

【0019】

つまり、二次電子は管状導体2のマイナス電場により絶縁体膜2aから離れるが、陽イオンは引き付けられて絶縁体膜2aの表面付近にとどまる。この陽イオン層は電場の遮蔽効果を持つが、絶縁体膜2aには高い陰電場がかかっていることにより、電子ビーム5aが到達せず、絶縁体膜2aが加熱されることがない。しかも、このプラズマ化により生成された陽子などの軽い陽イオンは絶縁体膜2aに侵入するため、管状導体2の内部には電子しか残らなくなり、この余剰電子はシャッター3cを開放することにより、管状導体2の陰電場に押されて入射口3bから排出され、アースする。しかし、その後新たに追加された重水素ガスは、さらに高電圧で加速された電子ビーム5aが照射されることにより加熱される。

【0020】

その結果、超高速となった陽子などはマイナスに帯電した管状導体2の内面に向かい、絶縁体膜2aに再び侵入するが、表面付近にすでに形成されている重い陽イオン層に弾性衝突してラザフォード散乱により跳ね返され、ほとんど運動量や運動エネルギーを失うことなく、再び管状導体2の中央部に向かうことになる。このようにして継続した電子ビーム照射により、管状導体2の中央部の陽子などを極めて高温にすることができる。この時、制動輻射熱や陽子などの管状導体2の内面への衝突により、管状導体2への熱伝導が発生するので、管状導体2が過加熱により破損しないよう、管状導体2を冷却器6の水で冷却する。

【0021】

水素ガスの密度は1気圧、21℃では 0.052 kg/m^3 であるが、重水素ガスであればこの2倍程度になるので、30℃の場合、 $0.1 \text{ kg/m}^3 = 0.1 \text{ mg/cm}^3$ と仮定する。管状導体2はトーラスの小円半径0.5cm、大円の円周40cmの場合、体積は約 31.4 cm^3 である。1/100,000気圧の水素ガスの密度は約 $5.0 \times 10^{-7} \text{ mg/cm}^3$ であり、重水素ガスの密度は $1.0 \times 10^{-6} \text{ mg/cm}^3$ となる。また、そのガスの重さはそれぞれ $0.1 \text{ mg} \times 31.4 \times 1/100,000 = 0.0000314 \text{ mg}$ 及び 0.0000628 mg であり、これらはいずれも 1.57×10^{-8} モルである。

【0022】

この水素ガスや重水素ガスの電離に必要なエネルギーは、1モルあたり電離には1312kJ、基底状態原子には218kJ必要なので計0.24Jである。そのため、この電離を $1 \text{ keV} \times 500 \text{ mA} = 500 \text{ W}$ の電子ビーム5a照射により行うとすれば0.000048秒かかり、さらに、この電離した水素ガス（陽子）を1.0keVまで加熱するには $1.0 \text{ eV} \times 1000 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \times 1.57 \times 10^{-7} \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23}$ (アボガドロ定数) $\times 2 \div 3 \text{ j}$ のエネルギーが必要であるが、出力500Wの電子ビ

ーム 5 a 照射エネルギーのロスなく、すべてがこの加熱に変換できると仮定すると 0. 0 0 6 秒かかる。

【0023】

初め、管状導体 2 には、例えば 1 / 1 0 0 気圧程度の水素ガスを封入し、5 0 0 W で十分な時間（6 秒程度）の照射を続けて、入射管 3 および管状導体 2 の絶縁体膜 3 a、2 a の表面付近に陽イオン層を形成する。この時の管状導体 2 のマイナス帯電の電圧は 1 0 0 0 V 程度以上にする。次に、1 / 1 0 0, 0 0 0 気圧の水素や重水素ガスを管状導体 2 に追加投入し、マイナス帯電電圧を 5 万 V 以上に上げるとともに、このプラズマを 5 0 k e V, 5 0 0 m A、出力 2 5 k W の電子ビーム 5 a を照射して加熱することにより、超高温にすることができる。ちなみに、1 カロリーは 4. 2 ジュールであるから、2 5 k W がすべて熱に変換されると仮定しても、毎秒 1 0 0 0 m l の水を 6 °C 上げることができる程度である。このため、冷却器 6 の水流による冷却によって、管状導体 2 が加熱で破損しないように冷却することができる。

【符号の説明】

【0024】

- 1 真空チャンバ
- 2 管状導体
- 3 入射管
- 4 タンク
- 5 電子銃
- 6 冷却器
- 7 温度測定装置
- 8 中性子線測定器
- 1 1 真空ポンプ

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

真空ポンプに接続された真空チャンバと、
トーラス状の内面を有し、マイナスに帯電可能であって前記内面が絶縁体膜で被覆された管状導体と、
直管状でマイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜で被覆され、前記管状導体の外側内面方向に伸び、一端に前記真空チャンバの内部に位置する入射口を有し、他端が前記管状導体と結合して前記管状導体の内部に連通する入射管と、
前記入射管に連通し前記入射管を通して前記管状導体の内部に水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスを供給するタンクと、
前記真空チャンバの内部で前記入射口から前記管状導体の内部に電子ビームを入射して、マイナスに帯電した前記管状導体で反射させ、前記タンクから前記管状導体の内部に供給されるガスをプラズマ化させる電子銃と、
前記管状導体を包囲し、内部に流水経路を有する冷却器とを、
有することを特徴とするプラズマ加熱装置。

【請求項 2】

導体から成って前記入射口を動力により開閉可能なシャッタが設けられ、前記シャッタはマイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜で被覆されていることを、特徴とする請求項 1 記載のプラズマ加熱装置。

【請求項 3】

前記管状導体の内部の温度を測定するための温度測定装置と、
前記管状導体の内部で中性子線が発生した場合に中性子線を測定するための中性子線測定器とを、
有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマ加熱装置。

【書類名】要約書

【要約】

【課題】電子ビームの照射により発生する熱を高温にすることができるプラズマ加熱装置を提供する。

【解決手段】管状導体2がトーラス状の内面を有し、マイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜3aで被覆される。入射管3が直管状でマイナスに帯電可能であって内面が絶縁体膜3aで被覆される。入射管3は管状導体2の外側内面方向に伸び、一端に真空チャンバ1の内部に位置する入射口3bを有し、他端が管状導体2と結合して管状導体2の内部に連通する。タンク4が入射管3を通して管状導体2の内部に水素ガス、重水素ガスまたはヘリウムガスを供給する。電子銃5が真空チャンバ1の内部で入射口3bから管状導体2の内部に電子ビーム5aを入射して、マイナスに帯電した管状導体2で反射させ、タンク4から管状導体2の内部に供給されるガスをプラズマ化させる。冷却器6が管状導体2を包囲し、内部に流水経路を有する。

【選択図】図1

