

【書類名】特許願

【整理番号】PYM1802311

【あて先】特許庁長官 殿

【国際特許分類】G21K

【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】509004033

【氏名又は名称】株式会社センリョウ

【代理人】

【識別番号】100095359

【弁理士】

【氏名又は名称】須田 篤

【代理人】

【識別番号】100143834

【氏名又は名称】楠 修二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】023515

【納付金額】14000

【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

【特許出願番号】2018-242052

【特許番号】第6529059号

【書類名】明細書

【発明の名称】電子ビーム照射装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビーム照射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、一般的な電子ビーム照射装置は、電子ビームを生成する電子銃などの電子線源と、生成された電子ビームを加速するための加速管とを有している(例えば、特許文献1参照)。また、ドライエッチングなどに使用するために、電子ビームを用いてプラズマを生成する装置が開発されている(例えば、非特許文献1または2参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】2005-331418号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】原 民夫、「電子ビームによるプラズマ生成」、プラズマ・核融合学会誌、1993年6月、第69巻、第6号、p.647-655

【非特許文献2】原 民夫、「電子ビーム励起プラズマエッチング装置の開発」、理研ニュース、July 1992、No.132、p.1-5

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電子ビーム(電子線)は、水をほとんど透過できないため、特許文献1、非特許文献1および2のような、従来の電子ビーム照射装置では、水中の対象物に対して電子ビームを照射することはできないという課題があった。

【0006】

本発明は、このような課題に着目してなされたもので、水中の対象物に対しても電子ビームを照射可能な電子ビーム照射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】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明に係る電子ビーム照射装置は、電子ビームを生成する電子銃と、前記電子銃で生成された前記電子ビームを加速するよう設けられた加速空間と、前記加速空間で加速された前記電子ビームを外部に照射可能に設けられた照射口とを有する加速管と、前記加速空間に、所定の圧力の水素ガスを供給可能に設けられた水素ガス供給手段とを有し、前記水素ガス供給手段から前記加速空間に供給された前記水素ガスを前記照射口から放出すると共に、前記照射口から照射される前記電子ビームが前記照射口から放出される前記水素ガス中を通過するよう構成されていることを特徴とする。

【0008】

本発明に係る電子ビーム照射装置は、電子銃で生成され、加速管の加速空間で加速された電子ビームにより、水素ガス供給手段から加速空間に供給された水素ガスのうち、電子ビームが通過する部分の水素ガスを次々に電離して、プラズマ化することができる。発生したプラズマに継続して電子ビームを照射することにより、プラズマを加熱することができるため、同じ圧力の下では、プラズマを膨張させて密度を低下させることができる。これにより、密度に反比例する電子ビーム透過距離を長くすることができる。

【0009】

また、本発明に係る電子ビーム照射装置は、加速空間の外部でも同様に、電子ビームが照射口から外部に放出される水素ガス中を通過するため、通過する部分の水素ガスを電離してプラズマ化することができる。このため、電子ビームを継続して照射することにより、

プラズマを高温にして膨張させ、電子ビームの透過を容易にすることができる。こうして、本発明に係る電子ビーム照射装置は、照射口の外部の対象物に向かって、電子ビームを照射することができる。

#### 【0010】

本発明に係る電子ビーム照射装置では、水素ガスのプラズマ化により二次電子が発生するが、その二次電子も電子ビームとともに加速することができる。電子ビームの前方には常に水素ガスが流入するため、二次電子の雪崩現象が発生し、大電流で電子ビームを照射することができる。なお、水素ガスのプラズマ化により発生した陽子は、加速空間の内壁などに接触して電子を受け取り、水素ガスに戻る。

#### 【0011】

本発明に係る電子ビーム照射装置は、前記照射口を水中に配置したとき、水中の所定の位置に配置された対象物に向かって、前記水素ガスを放出し、前記電子ビームを照射可能に設けられていることが好ましい。この場合、水中に配置された対象物に、電子ビームを照射することができる。すなわち、本発明に係る電子ビーム照射装置は、水素ガス供給手段で加速空間に供給する水素ガスの圧力を、照射口の外部の水圧と同程度以上にすることにより、水素ガスを照射口から水中に放出することができる。このため、水中に配置された対象物に向かって水素ガスを放出することにより、その水素ガス中を通過する電子ビームを対象物に照射することができる。

#### 【0012】

また、この場合、水流を発生可能に設けられた水流発生手段を有し、前記対象物は液体、気体またはプラズマから成り、前記水流発生手段で発生した水流により、前記対象物を水中の前記所定の位置に留めるよう構成されていてもよい。これにより、対象物が液体、気体またはプラズマから成っていても、その対象物を水中に拡散させることなく、電子ビームを照射することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によれば、水中の対象物に対しても電子ビームを照射可能な電子ビーム照射装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

【図1】本発明の実施の形態の電子ビーム照射装置を示す縦断面図である。

【図2】図1に示す電子ビーム照射装置の、水中で使用するときの変形例を示す縦断面図である。

【図3】図2に示す電子ビーム照射装置の、核融合発電に利用したときの使用状態を示す縦断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0015】

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乃至図3は、本発明の実施の形態の電子ビーム照射装置を示している。

図1に示すように、電子ビーム照射装置10は、加速管11と電子銃12と水素ガス供給手段13とを有している。

#### 【0016】

加速管11は、筒状を成し、内部が加速空間21を成している。加速管11は、一方の端面11aが塞がれており、他方の端面11bの中央部に照射口22を有している。加速管11は、長さ方向に沿ってほぼ等間隔に、側壁11cを貫通して外側面から加速空間21に突出するよう設けられた複数の電極23と、各電極23に接続された高圧電源24とを有している。各電極23は、中心に穴23aを有する円環状を成し、中心軸と加速空間21の中心線とが一致するよう取り付けられている。高圧電源24は、加速管11の一方の端面11a側の電極23から他方の端面11b側の電極23に向かって電位が高くなるよう、隣り合う電極23間に電圧を印加可能に設けられている。また、加速管11は、一

方の端面 1 1 a 側の側面に、ガス供給口 2 5 を有している。なお、図 1 に示す具体的な一例では、電極 2 3 は 5 つから成っている。

#### 【0017】

電子銃 1 2 は、加速管 1 1 の一方の端面 1 1 a の加速空間 2 1 側の中心部に配置され、加速空間 2 1 に向かって電子ビームを生成可能に設けられている。電子ビーム照射装置 1 0 は、高圧電源 2 4 で各電極 2 3 に電圧を加えることにより、電子銃 1 2 で生成された電子ビーム 3 1 を、加速空間 2 1 で加速するよう構成されている。すなわち、電子ビーム照射装置 1 0 は、電子ビーム 3 1 を、各電極 2 3 間の電位差で加速しながら、各電極 2 3 の中心の穴 2 3 a を通って、他方の端面 1 1 b の照射口 2 2 に向かって加速するようになっている。また、電子ビーム照射装置 1 0 は、加速空間 2 1 で加速された電子ビーム 3 1 を、照射口 2 2 から外部に照射可能になっている。

#### 【0018】

水素ガス供給手段 1 3 は、加速管 1 1 のガス供給口 2 5 に接続され、加速空間 2 1 に所定の圧力の水素ガスを供給可能に設けられている。なお、水素ガスは、気体の中でも密度が小さく、電離に必要なエネルギーも、一原子当たり 13.6 eV と小さい。

#### 【0019】

電子ビーム照射装置 1 0 は、水素ガス供給手段 1 3 から加速空間 2 1 に所定の圧力の水素ガスを供給することにより、供給された水素ガスを照射口 2 2 から放出可能になっている。これにより、電子ビーム照射装置 1 0 は、照射口 2 2 から照射される電子ビーム 3 1 が照射口 2 2 から放出される水素ガス 3 2 の中を通過するよう構成されている。

#### 【0020】

次に、作用について説明する。

電子ビーム照射装置 1 0 は、電子銃 1 2 で生成され、加速管 1 1 の加速空間 2 1 で加速された電子ビーム 3 1 により、水素ガス供給手段 1 3 から加速空間 2 1 に供給された水素ガスのうち、電子ビーム 3 1 が通過する部分の水素ガスを次々に電離して、プラズマ化することができる。このとき、水素ガスの電離により電子ビーム 3 1 の運動エネルギーが吸収されるが、各電極 2 3 間に電圧が印加されているため、電子ビーム 3 1 は加速され続ける。発生したプラズマ 3 3 に継続して電子ビーム 3 1 を照射することにより、プラズマ 3 3 を加熱することができるため、同じ圧力の下では、プラズマ 3 3 を膨張させて密度を低下させることができる。これにより、電子ビーム 3 1 の運動エネルギーの吸収を小さくすることができ、電子ビーム透過距離を長くすることができる。

#### 【0021】

また、電子ビーム照射装置 1 0 は、加速空間 2 1 の外部でも同様に、電子ビーム 3 1 が照射口 2 2 から外部に放出される水素ガス 3 2 の中を通過するため、通過する部分の水素ガス 3 2 を電離してプラズマ化することができる。このため、電子ビーム 3 1 を継続して照射することにより、プラズマ 3 3 を高温にして膨張させ、電子ビーム 3 1 の透過を容易にすることができる。こうして、電子ビーム照射装置 1 0 は、照射口 2 2 の外部の対象物 1 に向かって、電子ビーム 3 1 を照射することができる。

#### 【0022】

電子ビーム照射装置 1 0 では、水素ガスのプラズマ化により二次電子が発生するが、その二次電子も電子ビーム 3 1 とともに加速することができる。電子ビーム 3 1 の前方には常に水素ガスが流入するため、二次電子の雪崩現象が発生し、大電流で電子ビーム 3 1 を照射することができる。なお、水素ガスのプラズマ化により発生した陽子は、加速空間 2 1 内の各電極 2 3 や内壁などに接触して電子を受け取り、水素ガスに戻る。

#### 【0023】

なお、電子ビーム照射装置 1 0 は、照射口 2 2 から照射される電子ビーム 3 1 の絞り込み、拡散、および／または、方向転換を可能に設けられた磁場印加手段を有していてもよい。この場合、照射口 2 2 から照射される電子ビーム 3 1 を制御することができ、対象物 1 に効率的に電子ビーム 3 1 を照射することができる。

#### 【0024】

電子ビーム照射装置 10 は、水中に配置された対象物 1 であっても、電子ビーム 31 を照射することができる。すなわち、電子ビーム照射装置 10 は、照射口 22 を水中に配置したとき、水素ガス供給手段 13 で加速空間 21 に供給する水素ガスの圧力を、照射口 22 の外部の水圧と同程度以上にすることにより、水素ガスを照射口 22 から水中に放出することができる。このため、水中に配置された対象物 1 に向かって水素ガス 32 を放出することにより、その水素ガス 32 の中を通過する電子ビーム 31 を対象物 1 に照射することができる。対象物 1 が固体であれば加工や溶接を行うことができ、対象物 1 が液体や気体、プラズマであれば電離や加熱を行うことができる。

#### 【0025】

例えば、水圧が 100 気圧のとき、水素ガスの圧力も 100 気圧とすると、水素ガスの密度は 1 気圧のときの 100 倍の高密度になるが、電子ビーム 31 で水素ガスを常温（約 300 K）から 3 万 K まで加熱することにより、水素ガスの体積  $V$  は 100 倍になり、密度を 100 分の 1 に下げることができる。これにより、高圧の水素ガス中であっても、電子ビーム 31 の透過を容易にすることができる。

#### 【0026】

なお、図 2 に示すように、電子ビーム照射装置 10 は、水中に配置された対象物 1 が液体、気体またはプラズマから成るとき、水流を発生可能に設けられた水流発生手段 14 を有し、水流発生手段 14 で発生した水流により、対象物 1 を水中の所定の位置に留めるよう構成されていてもよい。これにより、対象物 1 が液体、気体またはプラズマから成っていても、その対象物 1 を水中に拡散させることなく、電子ビーム 31 を照射することができる。

#### 【0027】

図 2 に示す具体的な一例では、水流発生手段 14 は、回転する水流を発生させるスクリュウから成り、モータ 14a で回転させることにより、照射口 22 の外側で、加速空間 21 の中心線を中心とした渦を発生可能になっている。この場合、渦の中心部の水圧が周囲より低くなるため、対象物 1 を渦内に閉じ込めることができる。なお、電子ビーム 31 を照射する際、水素ガス 32 も対象物 1 に当たり、渦に取り込まれるが、電子ビーム 31 の照射後にスクリュウを停止させることにより、浮力で水素ガスを上昇させて回収することができる。

#### 【0028】

また、図 2 に示すように、電子ビーム照射装置 10 は、水中の所定の位置に向かって対象物 1 を注入可能、かつ、その所定の位置から電子ビーム 31 の照射後の対象物 1 を回収可能に設けられた供給回収管 15 を有していてもよい。

#### 【0029】

また、電子ビーム照射装置 10 は、超臨界水を利用した核融合発電に利用することができる。すなわち、図 3 に示すように、220 気圧以上、500℃程度の超臨界水 51 を満たした高压容器 52 の内部で、重水素と三重水素とから成る水素ガス 32 を噴射するとともに、その水素ガス 32 を通して超臨界水 51 を対象物 1 として電子ビーム 31 を照射する。電子ビーム 31 の照射を続けることにより、水分子、それに混入した重水素、三重水素が分解され、最終的に裸の酸素原子核と陽子、重陽子、三重陽子、電子になる。これらの荷電粒子は、高速でも殆ど水を透過できないが、近傍の超臨界水 51 を電離しプラズマ化する。その結果、周囲に生じた裸の酸素原子核に衝突した陽子、重陽子、三重陽子は、殆どその運動エネルギーを失うことなく跳ね返る。また、衝突した裸の酸素原子核は、跳ね返されることなく周囲にとどまり、陽子、重陽子などの跳ね返りに寄与することになる。

#### 【0030】

超臨界水 51 は、熱伝導率が例えば  $0.1 \text{ W/mK}$  程度と小さいため、十分な量の超臨界水 51 を用い、熱拡散量を上回る発熱が得られるよう、大出力の電子ビーム 31 の照射を続けることにより、極めて高密度の水素、重水素、三重水素から成るプラズマ 33 を、高温の状態に長時間維持することができる。プラズマ温度を 3000 万 K 程度まで上昇させれば、ローソン図から、自己点火条件を達成することができ、D-T 反応核融合を起こ

すことができる。このとき、水流発生手段 1 4 のスクリーによる下降流や渦流により、高温のプラズマ 3 3 および噴射された水素ガス 3 2 を所定の位置に留めるとともに、核融合により発生した熱エネルギーを熱交換器 5 3 に運ぶことができる。熱交換器 5 3 で熱エネルギーを回収し、タービン 5 4 を回転させることにより、発電を行うことができる。

【符号の説明】

【 0 0 3 1 】

- 1 対象物
- 1 0 電子ビーム照射装置
- 1 1 加速管
  - 1 1 a 一方の端面
  - 1 1 b 他方の端面
  - 1 1 c 側壁
- 2 1 加速空間
- 2 2 照射口
- 2 3 電極
  - 2 3 a 穴
- 2 4 高压電源
- 2 5 ガス供給口
- 1 2 電子銃
- 1 3 水素ガス供給手段
  
- 1 4 水流発生手段
  - 1 4 a モータ
- 1 5 供給回収管
  
- 3 1 電子ビーム
- 3 2 (照射口から放出された) 水素ガス
- 3 3 プラズマ
  
- 5 1 超臨界水
- 5 2 高压容器
- 5 3 熱交換器
- 5 4 タービン

**【書類名】 特許請求の範囲**

**【請求項 1】**

電子ビームを生成する電子銃と、  
前記電子銃で生成された前記電子ビームを加速するよう設けられた加速空間と、前記加速空間で加速された前記電子ビームを外部に照射可能に設けられた照射口とを有する加速管と、  
前記加速空間に、所定の圧力の水素ガスを供給可能に設けられた水素ガス供給手段とを有し、  
前記水素ガス供給手段から前記加速空間に供給された前記水素ガスを前記照射口から放出すると共に、前記照射口から照射される前記電子ビームが前記照射口から放出される前記水素ガス中を通過するよう構成されていることを  
特徴とする電子ビーム照射装置。

**【請求項 2】**

前記照射口を水中に配置したとき、水中の所定の位置に配置された対象物に向かって、前記水素ガスを放出し、前記電子ビームを照射可能に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の電子ビーム照射装置。

**【請求項 3】**

水流を発生可能に設けられた水流発生手段を有し、  
前記対象物は液体、気体またはプラズマから成り、  
前記水流発生手段で発生した水流により、前記対象物を水中の前記所定の位置に留めるよう構成されていることを  
特徴とする請求項 2 記載の電子ビーム照射装置。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】水中の対象物に対しても電子ビームを照射可能な電子ビーム照射装置を提供する。

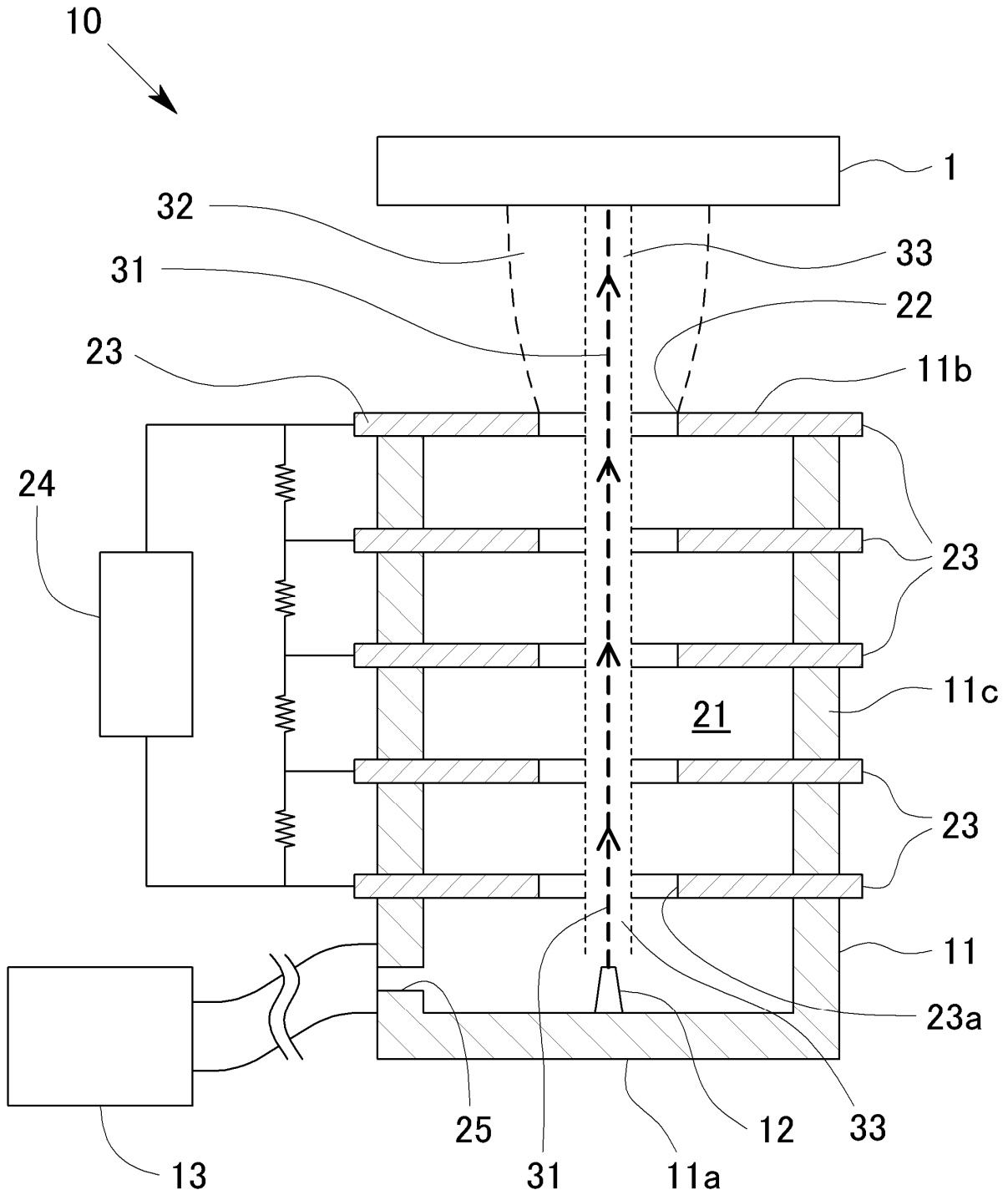
【解決手段】加速管 1 1 が、電子銃 1 2 で生成された電子ビームを加速するよう設けられた加速空間 2 1 と、加速空間 2 1 で加速された電子ビームを外部に照射可能に設けられた照射口 2 2 とを有している。水素ガス 3 2 供給手段 1 3 が、加速空間 2 1 に、所定の圧力の水素ガス 3 2 を供給可能に設けられている。水素ガス 3 2 供給手段 1 3 から加速空間 2 1 に供給された水素ガス 3 2 を照射口 2 2 から放出すると共に、照射口 2 2 から照射される電子ビームが照射口 2 2 から放出される水素ガス 3 2 中を通過するよう構成されている。

【選択図】 図 1

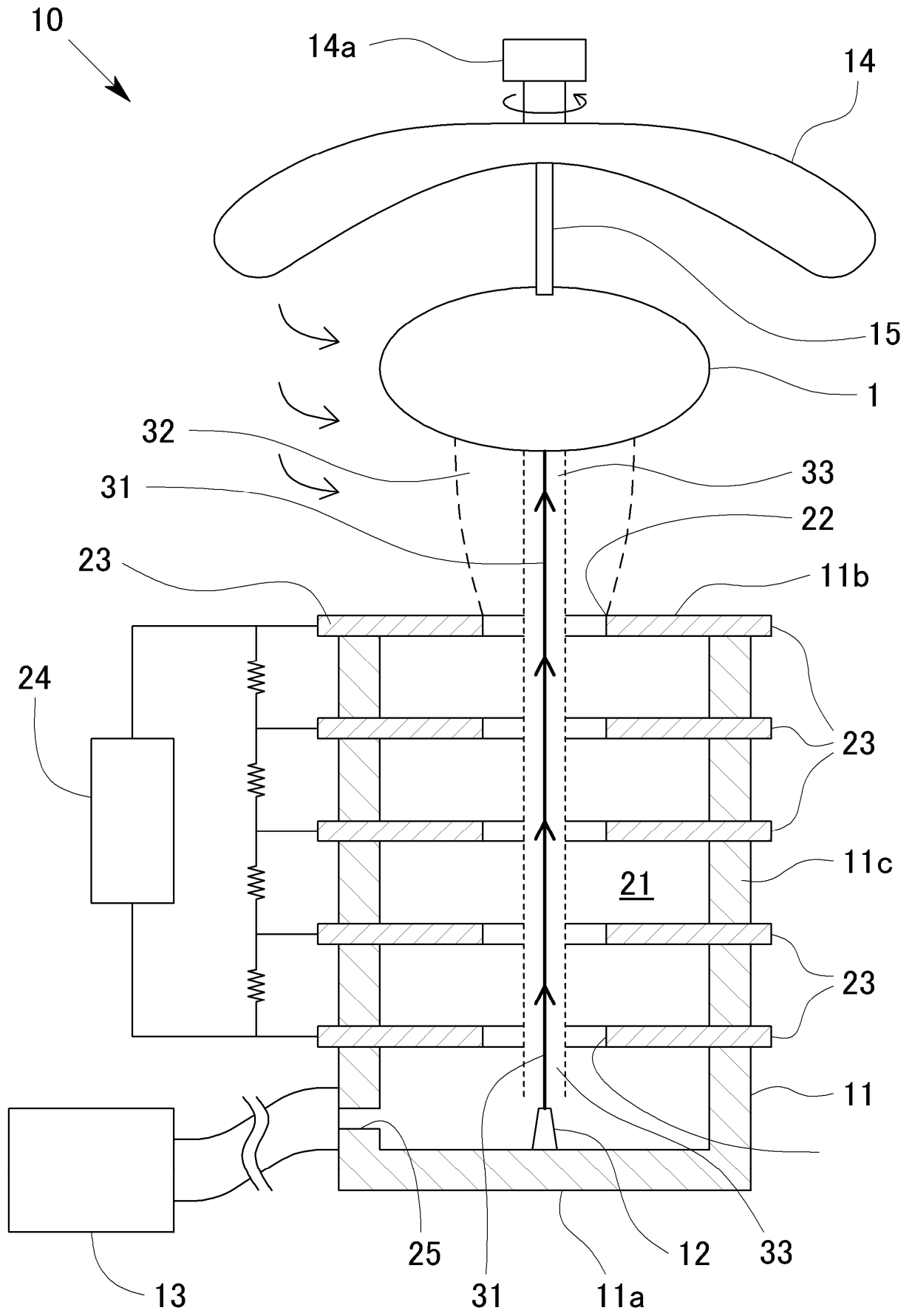


【書類名】 図面

【図 1】



【図2】



【图 3】

