(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月17日(17.10.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/214362 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 37/08 (2006.01) *H05H 13/00* (2006.01)
A61N 5/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/002811

(22) 国際出願日： 2024年1月30日(30.01.2024)

(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 2023-066354 2023年4月14日(14.04.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク (**HITACHI HIGH-TECH CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目１７番１号 Tokyo (JP).

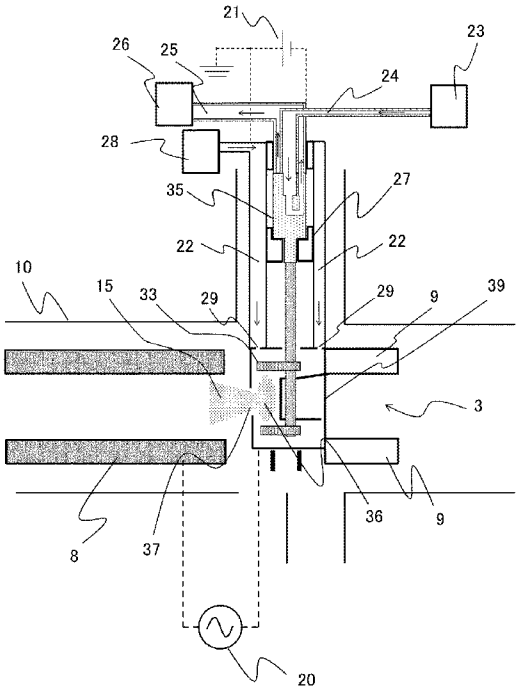
(72) 発明者: 岩田 健 (**IWATA Takeshi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 関 孝義 (**SEKI Takayoshi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 浅野 英仁 (**ASANO Hidehito**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人開知 (**KAICHI IP**); 〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁目３番１６号 Tokyo (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** ION SOURCE, CIRCULAR ACCELERATOR, AND PARTICLE BEAM THERAPY SYSTEM

(54) 発明の名称： イオン源、円形加速器、及び粒子線治療システム



(57) **Abstract:** This ion source comprises: a cathode 33; a cathode support 35 that supports the cathode 33 and supplies a voltage thereto; cooling pipes 24, 25 for cooling the cathode support 35; and a gas supply passage 22, 22A, 22B, 22C, 22D for supplying gas to a discharge chamber 36. The cooling pipes 24, 25 are disposed on the inner peripheral side of the passage of the gas supply passage 22, 22A, 22B, 22C, 22D. This makes it possible to provide an ion source, a circular accelerator, and a particle beam therapy system capable of achieving both cooling and gas supply to a discharge chamber with a compact configuration.

(57) 要約：陰極３３と、陰極３３を支持するとともに電圧を印加供給する陰極支持具３５と、陰極支持具３５を冷却する冷却管２４，２５と、放電室３６にガスを供給するガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄと、を備え、ガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄの流路内周側に冷却管２４，２５が配置される。これにより、冷却と放電室へのガス供給を小型な構成で両立することが可能なイオン源、円形加速器、及び粒子線治療システムを提供する。

WO 2024/214362 A1

［続葉有］

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： イオン源、円形加速器、及び粒子線治療システム

技術分野

[0001]　本発明は、円形加速器に好適に使用されるイオン源、更には円形加速器や粒子線治療システムに関する。

背景技術

[0002]　特許文献１には、筒状の陽極と、陽極内空間で構成される放電室と、放電室の両端側に配置された２つの陰極と、放電室から外部にイオンを取り出すべく陽極に形成されたイオン取り出し口とを有するサイクロトロン用内部負イオン源において、放電室からイオン取り出し口に至る間の陽極壁部に、低電子温度領域用凹部が形成されている、ことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第３４２６４０６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　イオン源は内部でプラズマを生成し、生成したプラズマの一部を引き出し口から荷電ビームとして引き出す装置であり、例えば陽子線によるがん治療や素粒子物理研究等で用いられる加速器で使用されている。

[0005]　イオン源では、放電室を冷却する水冷管と、取り出されるイオンの原料となる試料ガスを供給する管が外部の供給源から接続されている。特許文献１には、このようなサイクロトロン用イオン源の一例が記載されている。

[0006]　加速器のイオン源における水冷管やガス管の接続では、高周波加速電極の平面と垂直方向から挿入する際に磁極に穴をあける必要があるが、そのような穴は極力小さくすることが望まれる。また、荷電部と周囲の磁極との間で放電が発生しないように絶縁する必要がある。

[0007]　しかし、特許文献１では、水冷管とガス供給管が独立して配置しているた

め、配管をまとめる際にイオン源の直径が大きくなること、各々絶縁距離が必要になるため磁極の穴が大きくなって加速器の製作性が悪化するとともに小型化が困難であるという課題があった。

[0008] 本発明の目的は、冷却と放電室へのガス供給を小型な構成で両立することが可能なイオン源、円形加速器、及び粒子線治療システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、陰極と、前記陰極を支持するとともに電圧を印加供給する陰極支持具と、前記陰極支持具を冷却する冷却流路と、放電室にガスを供給するガス供給流路と、を備え、前記ガス供給流路の流路内周側に前記冷却流路が配置される。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、冷却と放電室へのガス供給を小型な構成で両立することができる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施例の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の円形加速器を用いた粒子線治療システムの全体構成を示す図である。

[図2]図１に示す円形加速器の側面断面を示す図である。

[図3]図１に示す円形加速器の横断面を示す図である。

[図4]実施例のイオン源周りの側面の概略を示す図である。

[図5]変形例１に係るイオン源周りの側面の概略を示す図である。

[図6]変形例２に係るイオン源周りの側面の概略を示す図である。

[図7]変形例３に係るイオン源周りの側面の概略を示す図である。

[図8]変形例４に係るイオン源周りの側面の概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明のイオン源、円形加速器、及び粒子線治療システムの実施例について図１乃至図８を用いて説明する。下記の実施例は一例に過ぎず、本発明は下記の具体的な態様に限定されるものではない。本発明自体は、下記の実施例以外にも種々の形態に変形させることが可能である。

[0013] なお、本明細書で用いる図面において、同一のまたは対応する構成要素には同一、または類似の符号を付け、これらの構成要素については繰り返しの説明を省略する場合がある。

[0014] 最初に、粒子線治療システムの全体構成及び関連する装置の構成について図１を用いて説明する。図１は、本実施例の粒子線治療システムの全体構成を示す図である。

[0015] 図１に示す粒子線治療システム１００は、サイクロトロン型の円形加速器５０、ビーム輸送系５２、照射装置５４、治療台４０、及び制御装置５６等を備える。

[0016] 粒子線治療システム１００では、イオン源３で発生させたイオンを円形加速器５０で加速してイオンビームとする。円形加速器５０により所望のエネルギーまで加速されたイオンビームは円形加速器５０から出射され、ビーム輸送系５２により照射装置５４まで輸送される。輸送されたイオンビームは照射装置５４で患部形状に合致するように整形され、治療台４０に横になった患者４５の標的に対して所定量照射される。

[0017] これら円形加速器５０をはじめとした粒子線治療システム１００内の各装置、機器の動作は、制御装置５６によって制御される。

[0018] 次に円形加速器５０の構造について図２及び図３を用いて説明する。図２は本実施例の加速器の側面の断面図で、図３は横断面図である。

[0019] 図２及び図３に示すように、サイクロトロン型の円形加速器５０は、主磁極１、円環状コイル２、真空容器６、高周波加速電極８、イオン源３によって構成される。なおイオン源は後述する図４に示す形態に限られず、図５乃至図８のいずれかに示すイオン源３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄのいずれかを採用することができる。

[0020] 主磁極１は互いに対向するように設置される一対の磁性体であり、例えば鉄などからなる。主磁極１には、ビームの周回軌道１２を発生させるように向かい合うように上下一対の磁極１０が対向するように設けられており、その磁極１０の間に磁場を発生させる。

[0021] 例えば、磁極１０によって図２に示すような磁場Ｂ０を発生させるとともに、磁極１０の周回中心から外側に向かって傾斜磁場を形成することで周回するイオンビームの集束力を発生させ、安定周回を実現する。磁場Ｂ０を発生させる上下一対の磁極１０の磁極ギャップ間の対向する各々の面の表面形状は対称形状である。あるいは、ビームの進行方向に凹凸を設けた磁極形状とすることで収束効果を付加する形の磁極とすることができる。

[0022] 真空容器６は、主磁極１によって挟まれており、磁極１０を内面としてひとつの真空容器を形成するとともに、磁気回路を構成する。真空容器６は非磁性体である。なお、磁極１０の間隙内に、磁極１０を真空容器内面としない、分離された真空容器を別途設けてもかまわない。

[0023] 円環状コイル２は、真空容器６より大気側に設置されており、上下一対の主磁極１間にＢ０の磁場を発生させる。円環状コイル２は常電導材料によるコイルでも超電導材料によるコイルでも同様に磁場を発生可能である。なお、円環状コイル２は真空容器６内に設置してもよく、特に規定されるものではない。

[0024] イオン源３は、磁極１０の内部に配置されている。放電室３６内の陰極３３から引き出された電子により放電室３６でプラズマが形成される。高周波電源２０によって供給される高周波で、高周波加速電極８とイオン源３及びイオン源３と同電位となる接地電極９の間に高周波電場が発生する。当該高周波電場により、放電室３６内で生成されたプラズマからイオンが引き出し孔３７を通して取り出され、引き出しビーム１５が形成される。

[0025] 形成された引き出しビーム１５は磁極１０が生成する磁場Ｂ０と高周波加速電極８と接地電極９の加速間隙７に発生する電場とによって、螺旋状の周回軌道１２を描きながら周回運動して加速間隙７を通過するごとに加速され

、エネルギーを増加させながら所定のエネルギーまで加速された後、主磁極１の外部へ取り出される。この時のビーム量を電流モニタ１７により計測する。

[0026] 次に図４を用いて、イオン源３の詳細を説明する。図４は図２のイオン源３の詳細を示した図で、イオン源３を磁極１０で生成する磁場に平行な方向に配置した場合の図である。

[0027] 図４に示すイオン源３は、対向する磁極１０の間に設置されており、周回するイオンビームの中心軸に平行にイオンを生成する放電室３６が配置されたものである。

[0028] より具体的には、イオン源３は、電子を生成する陰極３３、この陰極３３を支持するとともに陰極３３に電圧を印加供給する陰極支持具３５、陰極３３と陽極の役割を果たす放電容器３９との間に放電用の印加電圧を印加する放電用電源２１、印加された電圧によりイオンを生成する放電室３６、放電室３６からイオンを引き出す引き出し孔３７、放電容器３９等で構成されるＰＩＧ（Ｐｅｎｎｉｎｇ Ｉｏｎｉｚａｔｉｏｎ Ｇａｕｇｅ）型のイオン源３である。

[0029] イオン源３には、ガス供給源２８から供給される試料ガスを放電室３６に供給するガス供給流路２２と、陰極支持具３５及び陰極３３を冷却するための冷却管２４，２５が更に設けられている。

[0030] 本実施例のイオン源３では、冷却管２４，２５及びガス供給流路２２は、３本の配管の中心軸が共通である三重構造であり、かつ同軸構造となっており、最も中心は冷却水の供給側である冷却管２４、中心から２番目の軸は冷却水の排出側である冷却管２５、最外周の軸はガス供給流路２２となる。

[0031] 冷却材供給源２３から供給される冷媒、例えば冷却水を冷却管２４に供給して陰極支持具３５及びこの陰極支持具３５を介して陰極３３を冷却し、冷却に使用された冷媒を冷却管２５を介して冷却材戻り部２６に送る。

[0032] なお、冷却管２４，２５は、冷媒の供給側の冷却管２４が内周側、戻り側である冷却管２５が外周側となっている場合に限られず、戻り側の冷却管が

内周側で供給側の冷却管が外周側であってもよい。いずれの場合も、外周側の冷却管の外周にガス供給流路２２が位置する。

[0033] また、図４に示すように、ガス供給流路２２の出口であるガス供給孔２９の断面積が、ガス供給流路２２の断面積より小さくなっている。

[0034] 更に、ガス供給孔２９は、生成されたイオンをイオン源３から引き出す引き出し孔３７の鉛直方向上方側に配置されている。なお、イオン源３が磁極１０の鉛直方向上方から挿入されている形態のため、ガス供給孔２９は、生成されたイオンをイオン源３から引き出す引き出し孔３７の鉛直方向上方側に配置されている形態について示したが、イオン源３が磁極１０の鉛直方向下方から挿入されている形態の場合は、ガス供給孔２９は、引き出し孔３７の鉛直方向下方側に配置されている形態とすることができる。

[0035] イオン源３では、放電用電源２１によって冷却管２４，２５と陰極支持具３５を通して陰極３３と接地電極９に電気的に接続された放電容器３９との間に電圧を印加する。陰極３３を放電容器３９に対して負電位にすることで陰極３３から電子が放電室３６に向かって引き出される。

[0036] 冷却管２４，２５は高電圧になり、ガス供給流路２２は接地になるため、冷却管２４，２５とガス供給流路２２との間には絶縁スペーサ２７を設け、冷却管２４，２５とガス供給流路２２にギャップをつくることで、ガス供給流路２２中で放電が発生しないようにしている。

[0037] 本実施例のような同軸構造では、高電圧側の冷却管２４，２５と接地側のガス供給流路２２間の電場は均一になるため、絶縁距離を短くすることができ、イオン源３の配管系を小型化できる。

[0038] イオン源３は主磁極１、磁極１０を貫通するように孔を設けて主磁極１の上部より挿入される。ここで、主磁極１や磁極１０に穴を設けることによって磁極１０間に生成される磁場Ｂ０の分布が影響を受けて変化する。孔の直径が小さいほど磁場Ｂ０への影響は少なくなり、磁極１０の形状や別途鉄片等を設置することで容易に補正が可能である。

[0039] このため、同軸構造にすることで、主磁極１、磁極１０にあける孔を小さ

くすることができ、加速器の設計を容易にすることができる。

[0040] 冷却管２４，２５とガス供給流路２２とは導電性の材料で、ステンレスが好適であるが、特に限定するものではない。絶縁スペーサ２７はアルミナやＦＲＰなど電気絶縁性のものであればよく、特に限定するものではない。

[0041] 本実施例では冷却管２４，２５には冷媒として水を流している例を示したが、空冷や油冷などでも良く特に限定するものではない。

[0042] 以下、図５乃至図８を用いてイオン源の変形例について説明する。

[0043] 図５に変形例１に係るイオン源３Ａを示す。図５に示すイオン源３Ａでは、上記の図４に示したイオン源３からの変更点は、冷却管２４，２５の中心軸がガス供給流路２２Ａの中心軸と同軸ではなく、ずれて配置されている点である。

[0044] 図６に変形例２に係るイオン源３Ｂを示す。図６に示すイオン源３Ｂでは、上記の図４に示したイオン源３からの変更点は、ガス供給流路２２Ｂから放電室３６にガスを供給するガス供給孔２９Ｂを引き出し孔３７側のみに配置にしている点である。このようなイオン源３Ｂでは、放電室３６に供給するガス量をより少量にできるため、プラズマが発生する放電室３６に適切にガスを供給することができる。

[0045] 図７に変形例３に係るイオン源３Ｃを示す。図７に示すイオン源３Ｃでは、上記の図４に示したイオン源３からの変更点は、ガス供給流路２２Ｃの内側に細径の絶縁性のガス配管３０Ｃを配置し、引き出し孔３７側から放電室３６にガスを供給している点である。

[0046] 図８に変形例４に係るイオン源３Ｄを示す。図８に示すイオン源３Ｄでは、上記の図４に示したイオン源３からの変更点は、図５に示すイオン源３Ａと同様に冷却管２４，２５の中心軸をガス供給流路２２Ｄと同軸ではなく偏芯させるとともに、図７に示すイオン源３Ｃと同様にガス供給流路２２Ｄの内側に細径の絶縁性のガス配管３０Ｄを配置し、引き出し孔３７側から放電室３６にガスを供給している点である。

[0047] 次に、本実施例の効果について説明する。

[0048] 上述した本実施例のイオン源３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄは、陰極３３と、陰極３３を支持するとともに電圧を印加供給する陰極支持具３５と、陰極支持具３５を冷却する冷却管２４，２５と、放電室３６にガスを供給するガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄと、を備え、ガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄの流路内周側に冷却管２４，２５が配置される、との構成によって、独立した配管をまとめるよりも冷却系や原料供給系の小型化を図りやすく、イオン源としての小型を図ることができる。

[0049] また、ガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄ及び冷却管２４，２５は、三重構造の管で一体化していることにより、単独の配管を配置するのと実質的に同じ構造となるため、小型化をより容易に実現することができる。

[0050] また、冷却管２４，２５及びガス供給流路２２，２２Ｂは軸が共通しているため、独立した配管をまとめるよりも更に容易な構造とすることができることから、小型化をより容易に実現することができる。

[0051] 更に、冷却管２４，２５の中心軸は、ガス供給流路２２Ａ，２２Ｄの中心軸に対してずれて配置されていることで、ガス供給量が少ない場合に、ガス供給流路２２Ａ内でガスが拡散して放電室３６に届かなくなることを防ぐことができ、適切にガスを供給することができる。また、ガス流路の断面積が小さくなることで、主磁極１、磁極１０を貫通する穴を小さくすることができ、更なるイオン源３Ａ，３Ｄの小型化を図ることができる。

[0052] また、ガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂの出口であるガス供給孔２９，２９Ａ，２９Ｂの断面積が、ガス供給流路２２，２２Ａ，２２Ｂの断面積より小さいことにより、試料ガスが拡散されて放電室３６に供給されることを抑制でき、過剰なガスの供給を行うことを避けることができる。

[0053] 更に、ガス供給孔２９，２９Ａ，２９Ｂ，２９Ｄが、生成されたイオンをイオン源３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄから引き出す引き出し孔３７の鉛直方向上方側あるいは下方側に配置されていることで、放電室３６に近い領域で

試料ガスを供給でき、試料ガスをより効率的にイオン化させることができる。

[0054] また、ガス供給流路２２Ｃ，２２Ｄは、最外周の管内に設けられたガス配管３０Ｃ，３０Ｄを更に有することにより、少量のガスでも放電室３６にガスが供給されやすくなる。

[0055] 更に、冷却管２４，２５は、冷媒の供給側が内周側、戻り側が外周側となっていることで、一般的な構成の配管を用いることができ、製作性の向上も図ることができる。

[0056] また、上述のようなイオン源３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄを備えた円形加速器５０や、そのような円形加速器５０を備えた粒子線治療システム１００は、イオン源３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄの小型化により、円形加速器５０や粒子線治療システム１００としても小型化を図ることができる。

[0057] ＜その他＞

なお、本発明は上記の実施例に限られず、種々の変形、応用が可能なものである。上述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されない。

[0058] 例えば、円形加速器５０の型は、磁極１０に凹凸を設けた磁極を有するサイクロトロン型の加速器に限らず、磁極１０の中心から傾斜した磁極を有しており、高周波加速の周波数を変調するシンクロサイクロトロン型の加速器にも用いることができる。

[0059] シンクロサイクロトロン型の加速器とは、サイクロトロンを改良した加速器の一種であり、大型磁極間で円運動する荷電粒子に周波数変調した高周波電場を加えて繰返し加速する。また、光速では加速された粒子の質量が相対論的効果によって増加し、磁場内の荷電粒子の円運動の周期は質量に比例して増加する。これによって起こる高周波電圧との周期のずれを、周波数を変調することによって取り除いているものである。

[0060] シンクロサイクロトロン型の加速器も構成がサイクロトロン型の加速器と

同様の構成であることからイオン源３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄを主磁極１内に配置することができ、同様の効果が得られる。

[0061] 本発明のイオン源は以下の態様であってもよい。

[0062] （１） 陰極と、前記陰極を支持するとともに電圧を印加供給する陰極支持具と、前記陰極支持具を冷却する冷却流路と、放電室にガスを供給するガス供給流路と、を備え、前記ガス供給流路の流路内周側に前記冷却流路が配置される。

[0063] （２）（１）記載のイオン源において、前記冷却流路及び前記ガス供給流路は、三重構造の管で一体化している。

[0064] （３）（１）または（２）記載のイオン源において、前記冷却流路及び前記ガス供給流路は軸が共通している。

[0065] （４）（１）または（２）記載のイオン源において、前記冷却流路の中心軸は、前記ガス供給流路の中心軸に対してずれて配置されている。

[0066] （５）（１）乃至（４）のいずれかに記載のイオン源において、前記ガス供給流路の出口であるガス供給孔の断面積が、前記ガス供給流路の断面積より小さい。

[0067] （６）（１）乃至（５）のいずれかに記載のイオン源において、前記ガス供給流路の出口であるガス供給孔が、生成されたイオンを前記イオン源から引き出す引き出し孔の鉛直方向上方側あるいは下方側に配置されている。

[0068] （７）（２）乃至（６）のいずれかに記載のイオン源において、前記ガス供給流路は、最外周の管内に更に設けられた配管で構成される。

[0069] （８）（１）乃至（７）のいずれかに記載のイオン源において、前記冷却流路は、冷媒の供給側が内周側、戻り側が外周側となっている。

符号の説明

[0070] １…主磁極

２…円環状コイル

３，３Ａ，３Ｂ，３Ｃ，３Ｄ…イオン源

６…真空容器

７…加速間隙

８…高周波加速電極

９…接地電極

１０…磁極

１２…周回軌道

１５…引き出しビーム

１７…電流モニタ

２０…高周波電源

２１…放電用電源

２２，２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ，２２Ｄ…ガス供給流路

２３…冷却材供給源

２４，２５…冷却管（冷却流路）

２６…冷却材戻り部

２７…絶縁スペーサ

２８…ガス供給源

２９，２９Ａ，２９Ｂ，２９Ｄ…ガス供給孔

３０Ｃ，３０Ｄ…ガス配管

３３…陰極

３５…陰極支持具

３６…放電室

３７…引き出し孔

３９…放電容器

４０…治療台

４５…患者

５０…円形加速器

５２…ビーム輸送系

５４…照射装置

５６…制御装置

１００…粒子線治療システム

請求の範囲

[請求項1] 陰極と、

前記陰極を支持するとともに電圧を印加供給する陰極支持具と、

前記陰極支持具を冷却する冷却流路と、

放電室にガスを供給するガス供給流路と、を備え、

前記ガス供給流路の流路内周側に前記冷却流路が配置される

イオン源。

[請求項2] 請求項１に記載のイオン源において、

前記冷却流路及び前記ガス供給流路は、三重構造の管で一体化している

イオン源。

[請求項3] 請求項２に記載のイオン源において、

前記冷却流路及び前記ガス供給流路は軸が共通している

イオン源。

[請求項4] 請求項２に記載のイオン源において、

前記冷却流路の中心軸は、前記ガス供給流路の中心軸に対してずれて配置されている

イオン源。

[請求項5] 請求項１に記載のイオン源において、

前記ガス供給流路の出口であるガス供給孔の断面積が、前記ガス供給流路の断面積より小さい

イオン源。

[請求項6] 請求項１に記載のイオン源において、

前記ガス供給流路の出口であるガス供給孔が、生成されたイオンを前記イオン源から引き出す引き出し孔の鉛直方向上方側あるいは下方側に配置されている

イオン源。

[請求項7] 請求項２に記載のイオン源において、

前記ガス供給流路は、最外周の管内に設けられた配管を更に有する

イオン源。

[請求項8] 請求項１に記載のイオン源において、

前記冷却流路は、冷媒の供給側が内周側、戻り側が外周側となっている

イオン源。

[請求項9] 対向する磁極と、

加速電極と、

対向する前記磁極の間に設置されており、周回するイオンビームの中心軸に平行に配置された請求項１乃至８のいずれか１項に記載のイオン源と、を備えた

円形加速器。

[請求項10] 請求項９に記載の円形加速器と、

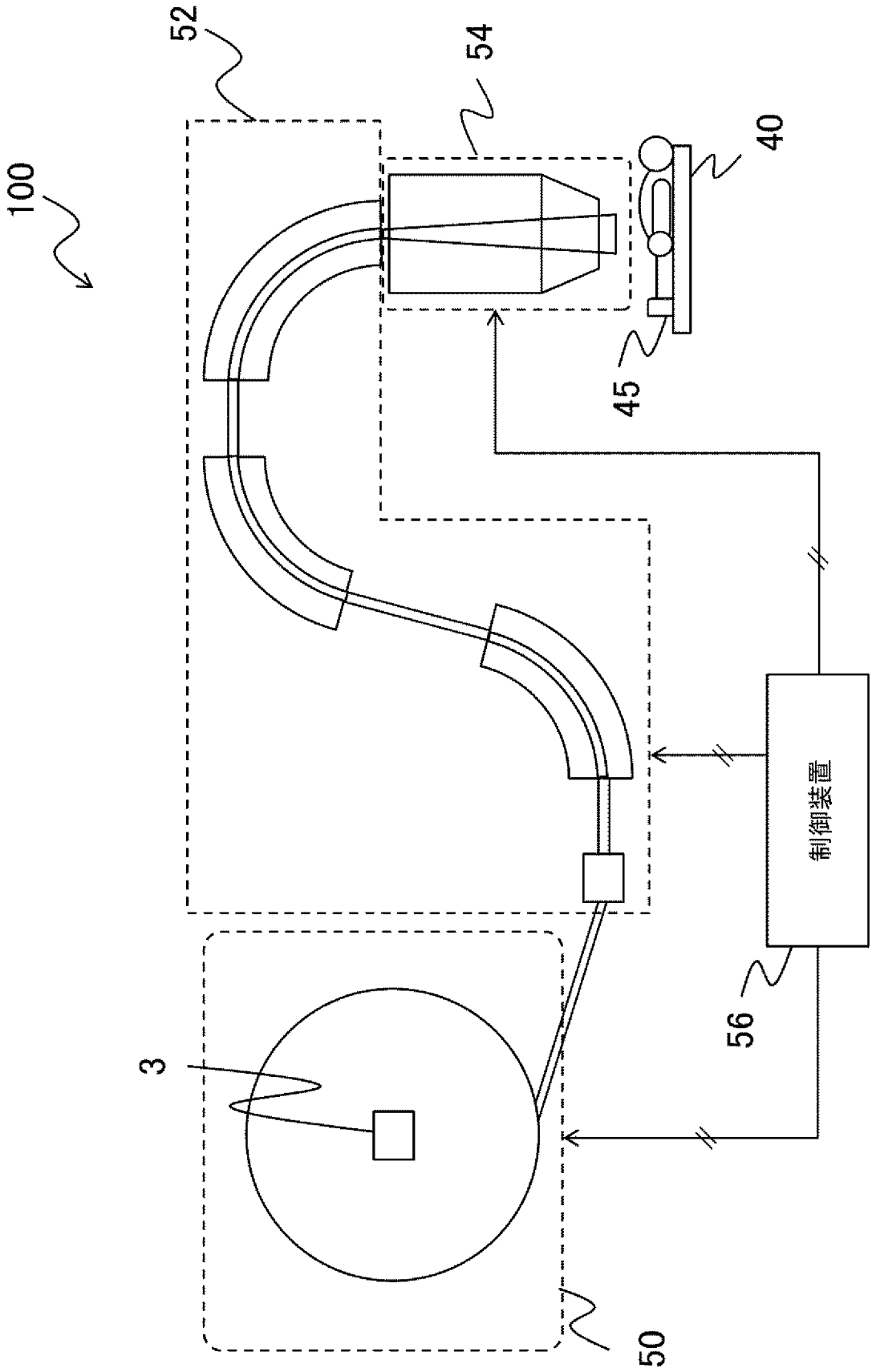
ビーム輸送系と、

照射装置と、

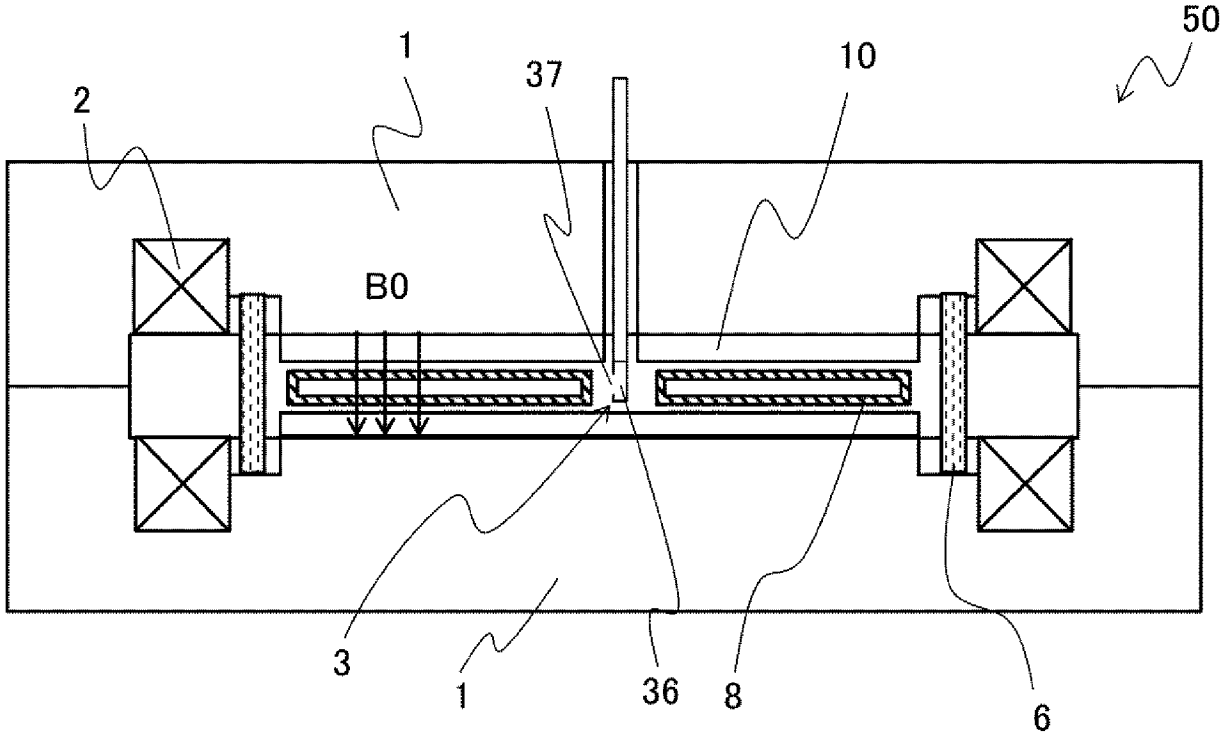
治療台と、を備えた

粒子線治療システム。

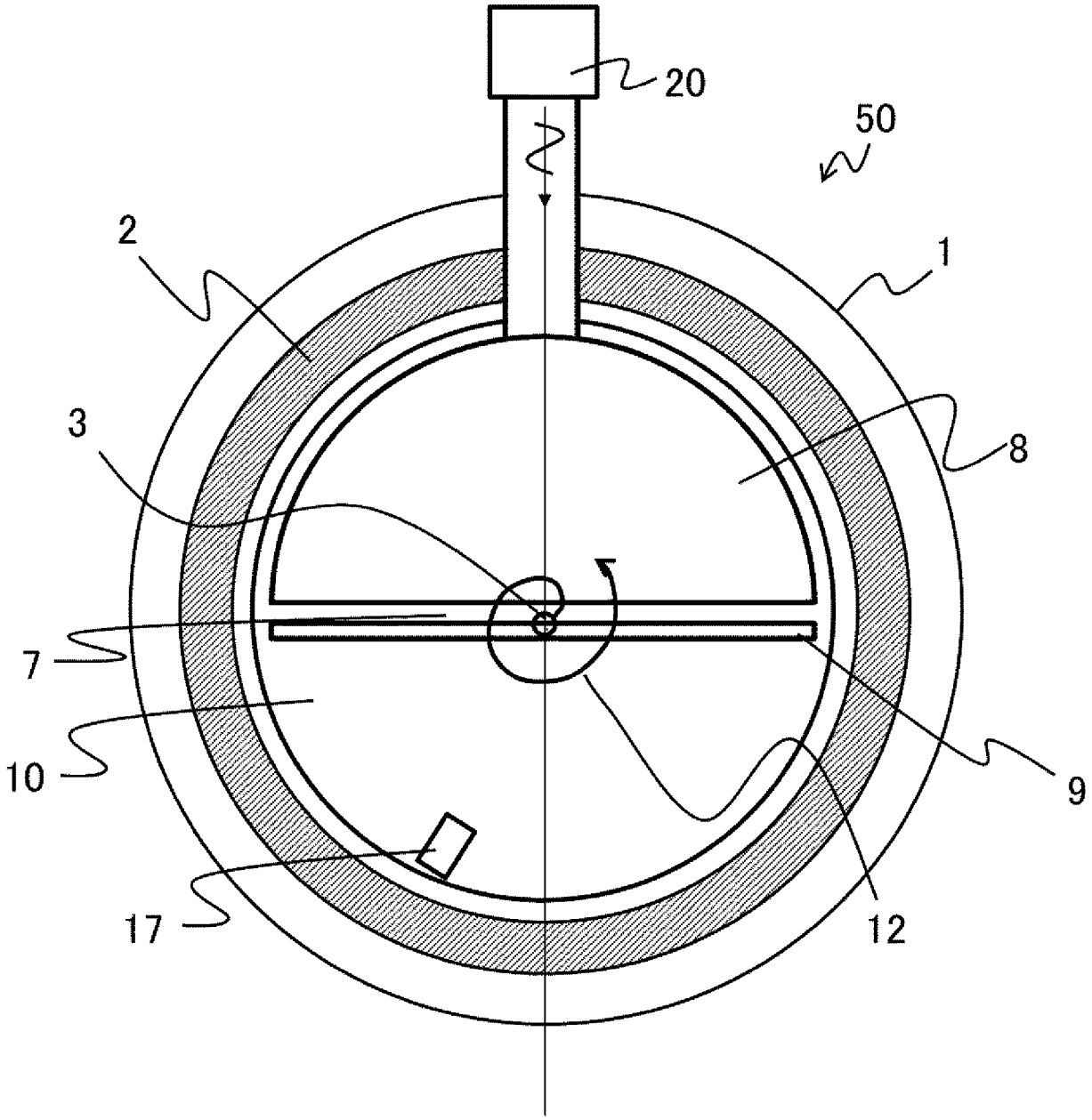
[図1]



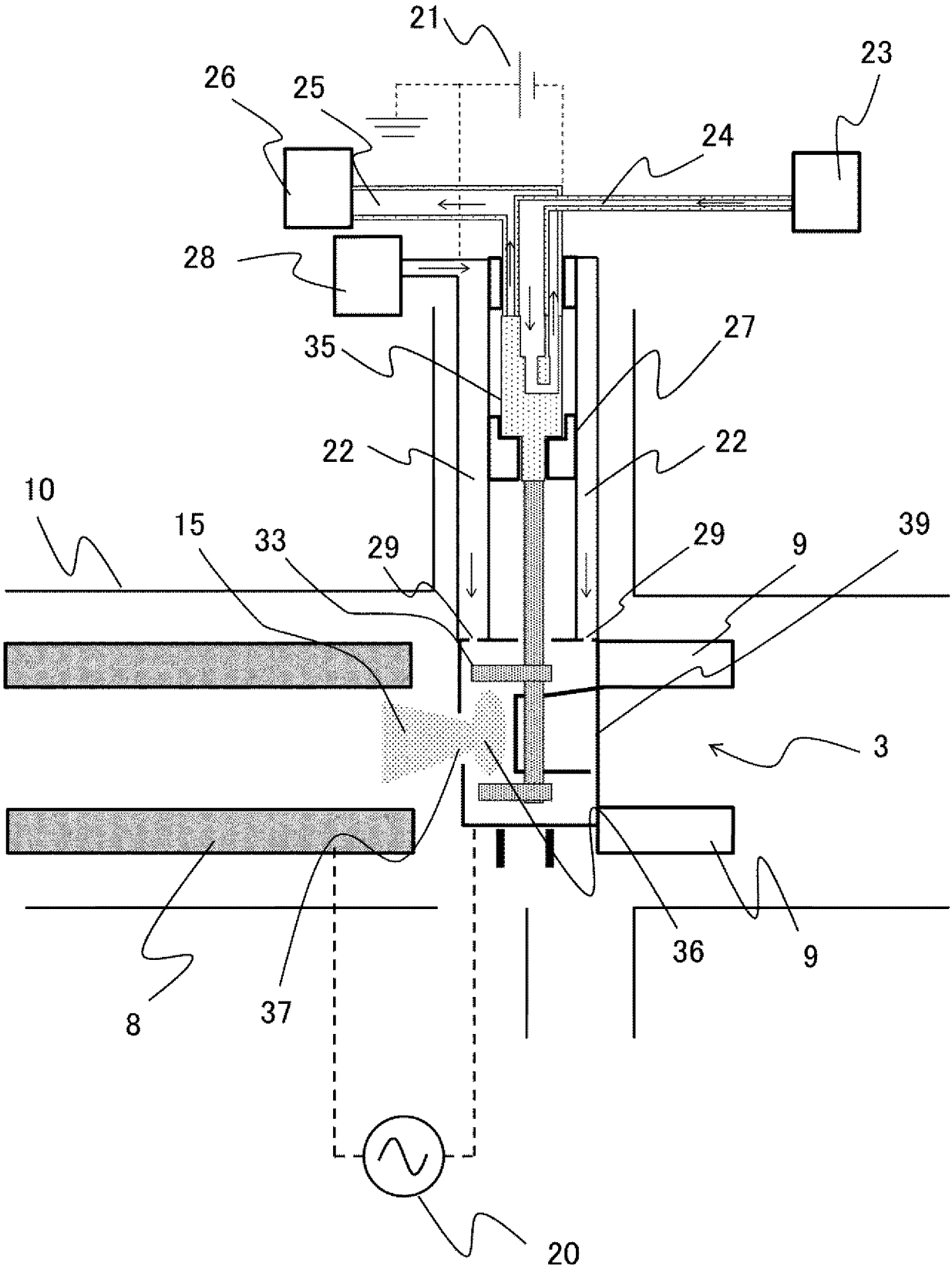
[図2]



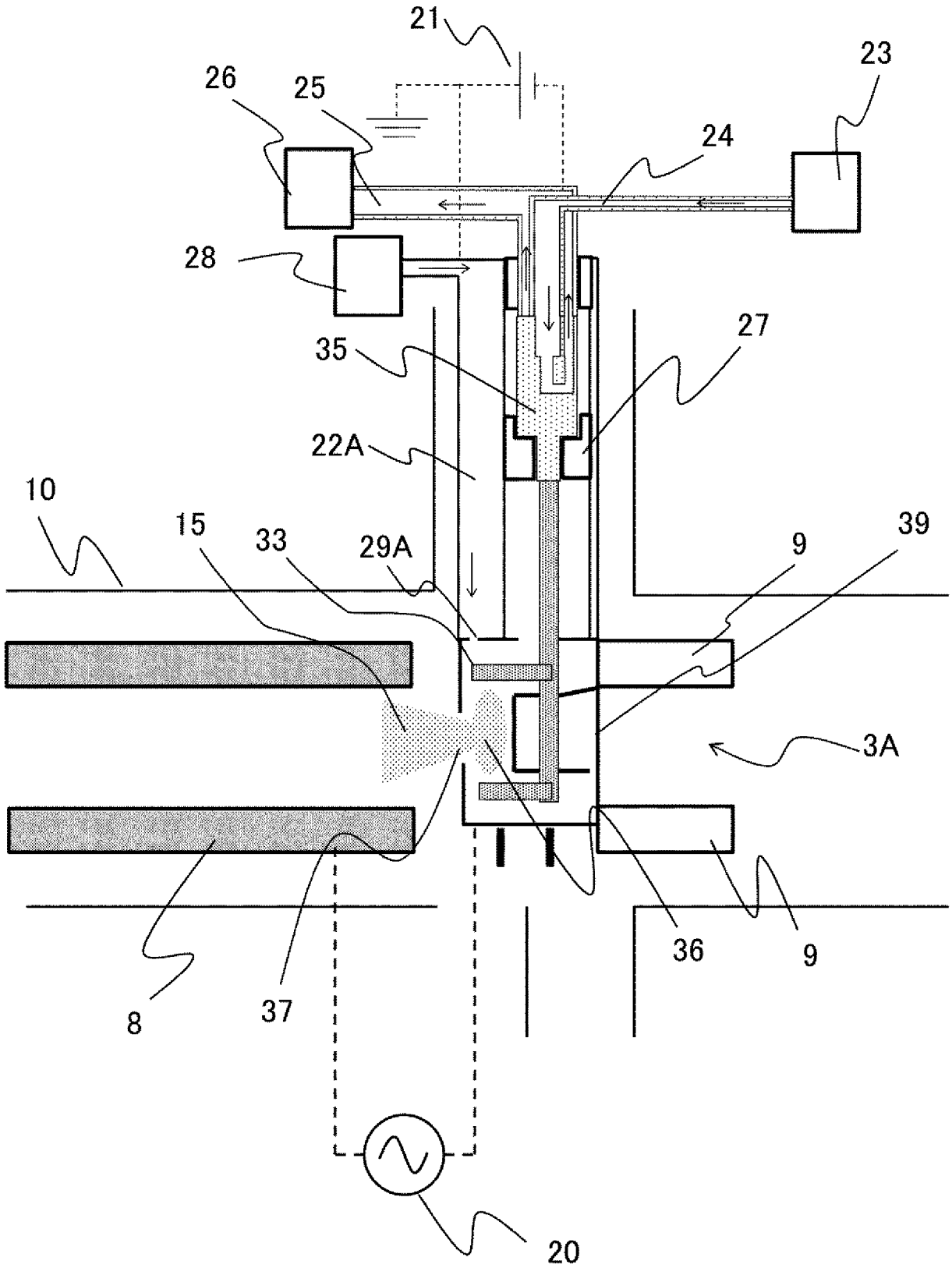
[図3]



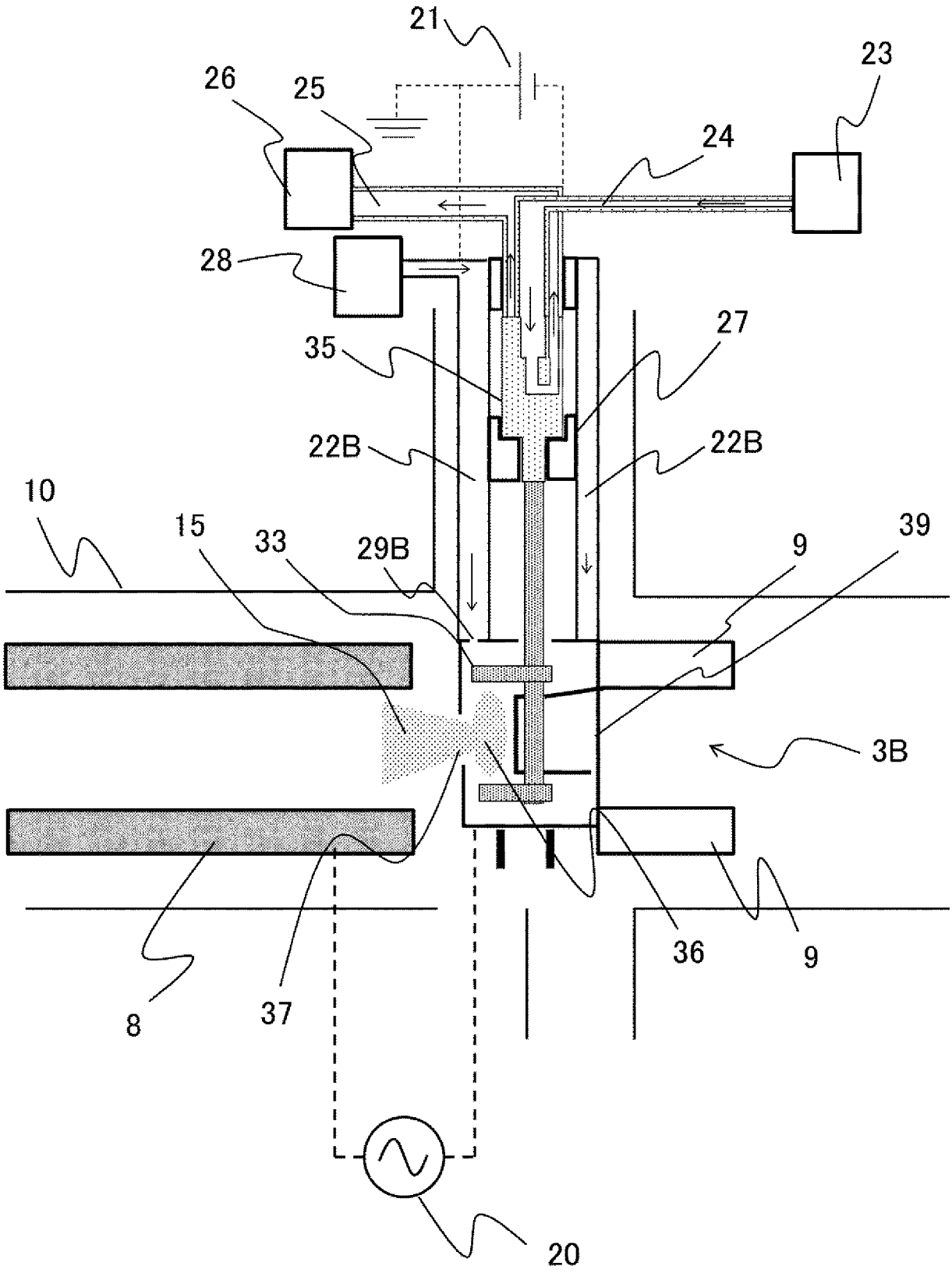
[図4]



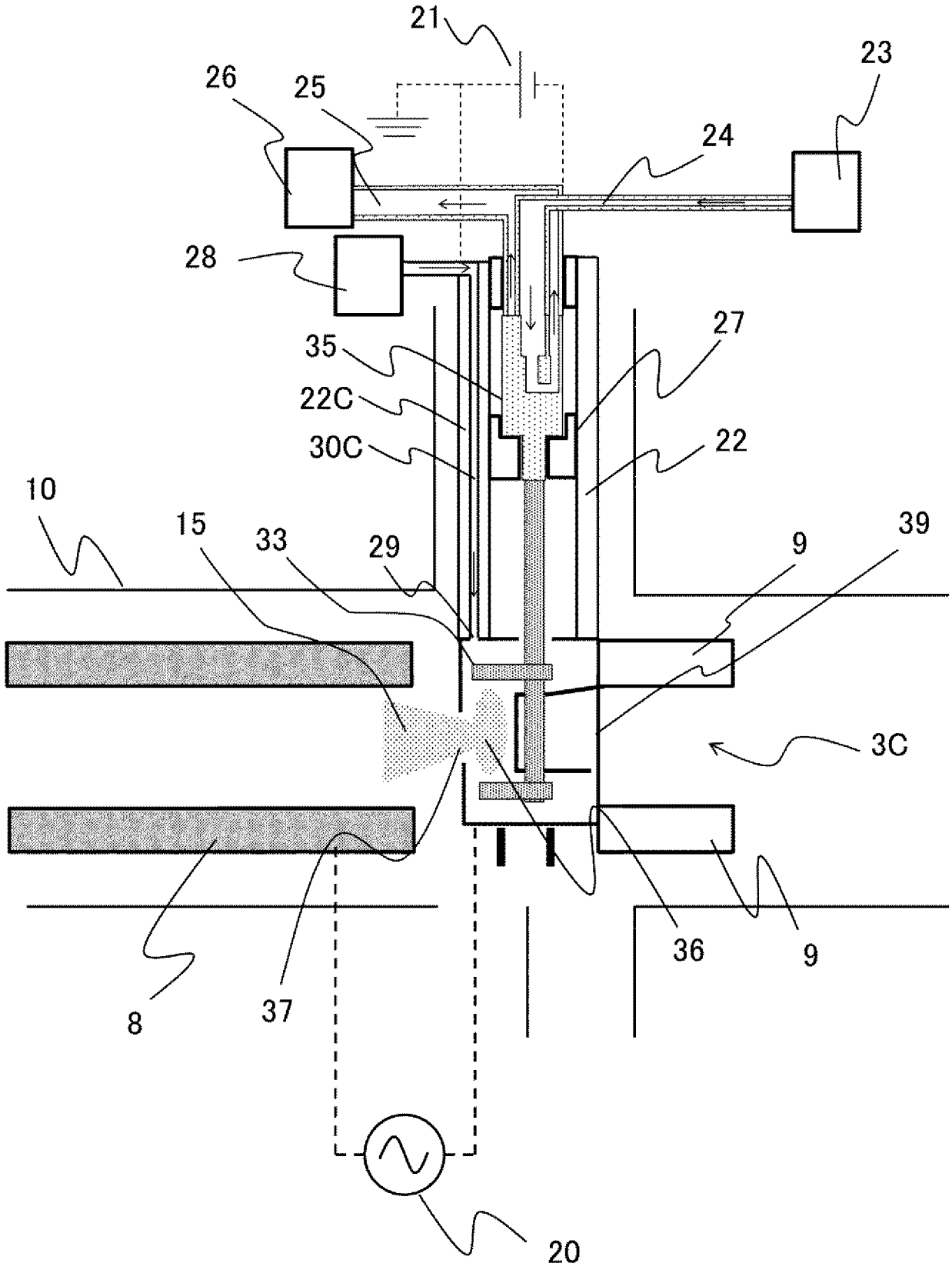
[図5]



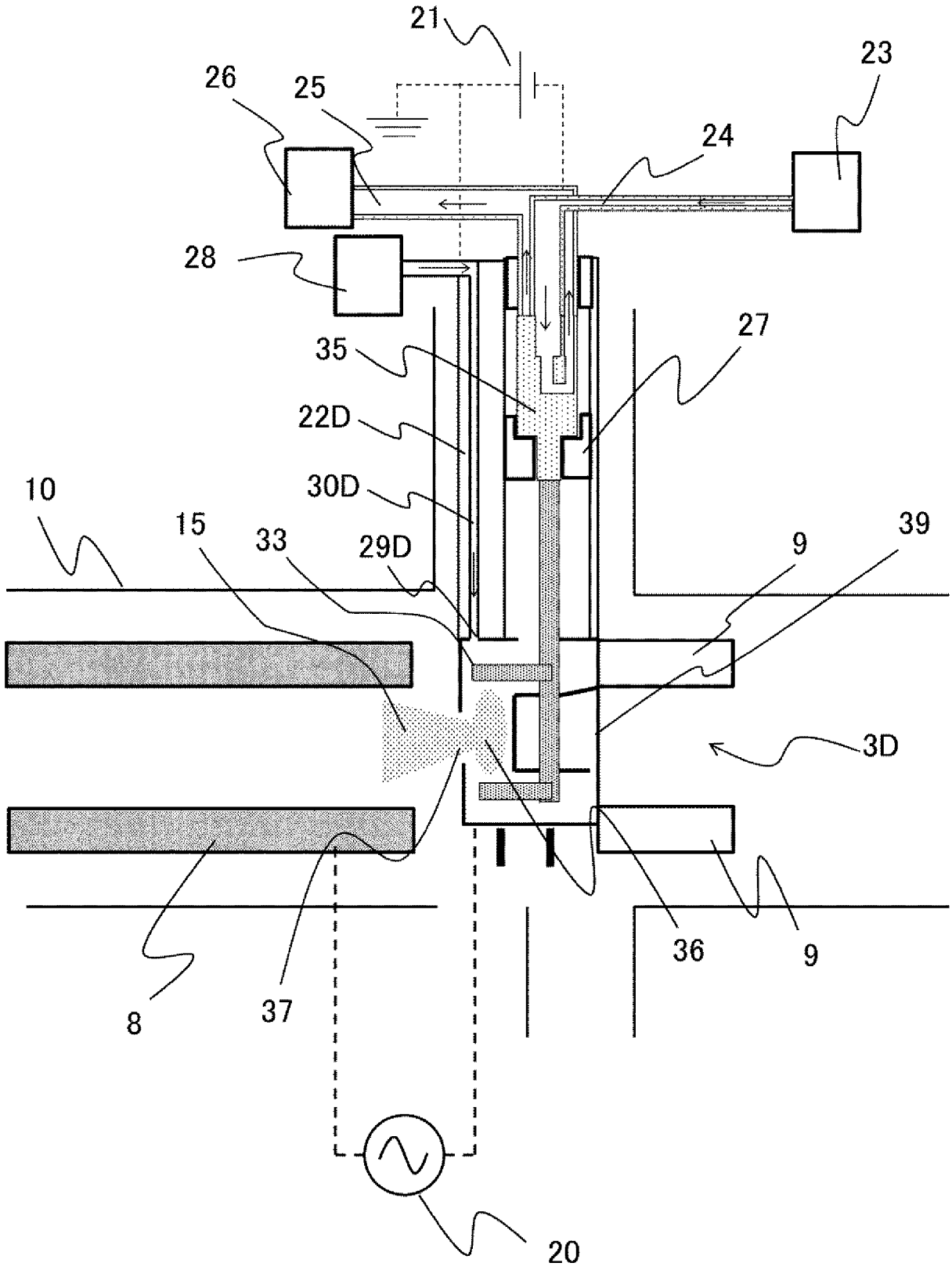
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/002811

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 37/08(2006.01)i; ***A61N 5/10***(2006.01)i; ***H05H 13/00***(2006.01)i
FI: H01J37/08; H05H13/00; A61N5/10 H

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J37/08; A61N5/10; H05H13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 51-134346 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 20 November 1976 (1976-11-20) fig. 1; p. 2, lower left column, line 12 to p. 2, lower right column, line 4	1-10
A	JP 52-8297 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 21 January 1977 (1977-01-21) fig. 1; p. 2, upper right column, line 6 from the bottom to p. 2, lower left column, line 2	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 March 2024	**02 April 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/002811

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 51-134346 A	20 November 1976	(Family: none)	
JP 52-8297 A	21 January 1977	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/002811

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01J 37/08(2006.01)i; A61N 5/10(2006.01)i; H05H 13/00(2006.01)i
FI: H01J37/08; H05H13/00; A61N5/10 H

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））

H01J37/08; A61N5/10; H05H13/00

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	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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	関連する請求項の番号
A	JP 51-134346 A (東京芝浦電気株式会社) 20.11.1976 (1976-11-20) 図1; 2頁左下欄12行－2頁右下欄4行	1-10
A	JP 52-8297 A (東京芝浦電気株式会社) 21.01.1977 (1977-01-21) 図1; 2頁右上欄下から6行－2頁左下欄2行	1-10

☐ 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
“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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
18.03.2024	02.04.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
右▲高▼　孝幸 2G 9808
電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/002811

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 51-134346 A	20.11.1976	（ファミリーなし）	
JP 52-8297 A	21.01.1977	（ファミリーなし）	