



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113488364 B

(45) 授权公告日 2024.05.14

(21) 申请号 202110791333.0

H05H 13/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.07.13

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113488364 A

CN 106098517 A, 2016.11.09

KR 20200093831 A, 2020.08.06

CN 112424901 A, 2021.02.26

(43) 申请公布日 2021.10.08

CN 106057614 A, 2016.10.26

CN 111681937 A, 2020.09.18

(73) 专利权人 迈胜医疗设备有限公司

地址 215300 江苏省苏州市昆山市玉山镇

元丰路135号

CN 108717927 A, 2018.10.30

US 2009140672 A1, 2009.06.04

CN 109830419 A, 2019.05.31

(72) 发明人 郑志鸿 姜冲

US 2014184074 A1, 2014.07.03

US 2011248179 A1, 2011.10.13

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

专利代理师 刘国萍

审查员 孙程程

(51) Int. Cl.

H01J 27/04 (2006.01)

H05H 7/00 (2006.01)

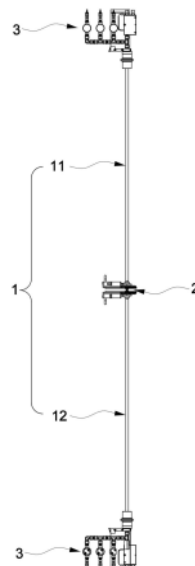
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种多粒子热阴极潘宁离子源及回旋加速器

(57) 摘要

本发明涉及粒子加速器领域,公开一种多粒子热阴极潘宁离子源及回旋加速器,离子源包括:电极杆,包括对称设置的电极杆阴极和电极杆对阴极;中心区弧室,包括对称且间隔设置的第一弧室和第二弧室,电极杆阴极的下端设有第一弧室,电极杆对阴极的上端设有第二弧室,第一弧室包括第一阳极壁和置于第一阳极壁中的第一阴极头,第二弧室包括第二阳极壁和置于第二阳极壁中的第二阴极头,第一阴极头和第二阴极头正对设置且分别连接静电高压电源,第一阳极壁和第二阳极壁正对设置且分别接地;多气源供气系统,与电极杆阴极和电极杆对阴极连接,多气源供气系统用于向中心区弧室通入气体。该多粒子热阴极潘宁离子源提高离子源的引出束流强度,且结构紧凑。



1. 一种多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,包括:

电极杆(1),其包括对称设置的电极杆阴极(11)和电极杆对阴极(12);

中心区弧室(2),其包括对称且间隔设置的第一弧室和第二弧室,所述电极杆阴极(11)的下端设有所述第一弧室,所述电极杆对阴极(12)的上端设有所述第二弧室,所述第一弧室包括第一阳极壁(21)和置于所述第一阳极壁(21)中的第一阴极头(22),所述第二弧室包括第二阳极壁(23)和置于所述第二阳极壁(23)中的第二阴极头(24),所述第一阴极头(22)和所述第二阴极头(24)正对设置且分别连接静电高压电源,所述第一阳极壁(21)和所述第二阳极壁(23)正对设置且分别接地;

多气源供气系统(3),其与所述电极杆阴极(11)和所述电极杆对阴极(12)连接,所述多气源供气系统(3)用于向所述中心区弧室(2)通入气体;

所述第一弧室还包括第一加热单元(25),所述第一加热单元(25)用于将所述第一阴极头(22)加热到预设温度;

所述第二弧室还包括第二加热单元(26),所述第二加热单元(26)用于将所述第二阴极头(24)加热到预设温度;

所述电极杆阴极(11)和所述电极杆对阴极(12)的结构相同,均包括由内向外依次套设的第一层(111)、第二层(112)、第三层(113)、第四层(114)、第五层(115)、第六层(116)和第七层(117),所述第一层(111)连接离子源阴极,所述第二层(112)为绝缘层,所述第三层(113)连接所述第一加热单元(25)电源的正极,所述第四层(114)为绝缘层,所述第五层(115)接地,所述第一加热单元(25)电源的负极和所述第五层(115)连接,所述第六层(116)连接所述多气源供气系统(3),所述第七层(117)接地,离子源阳极和所述第七层(117)连接。

2. 根据权利要求1所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,

所述第一弧室还包括第一阴极套筒(27),所述第一阴极套筒(27)位于所述第一阳极壁(21)内部,所述第一阴极套筒(27)用于支撑镶套所述第一阴极头(22),且所述第一阴极头(22)突出所述第一阴极套筒(27)设置;

所述第二弧室还包括第二阴极套筒(28),所述第二阴极套筒(28)位于所述第二阳极壁(23)内部,所述第二阴极套筒(28)用于支撑镶套所述第二阴极头(24),且所述第二阴极头(24)突出所述第二阴极套筒(28)设置。

3. 根据权利要求1所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,所述多气源供气系统(3)包括:

至少两个气瓶,所述气瓶通过气路支路连接所述电极杆阴极(11)及所述电极杆对阴极(12)。

4. 根据权利要求3所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,还包括:

气路控制系统,其包括控制软件和设置在所述气路支路中的进气调节阀(41)、电磁阀、质量流量计(42)和高压气表(43),所述电磁阀、所述质量流量计(42)和所述高压气表(43)分别与所述控制软件电连接。

5. 根据权利要求4所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,

所述进气调节阀(41)为手动阀。

6. 根据权利要求4所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,所述气路控制系统还

包括:

低压气表(44)和减压阀(45),均设置于所述气路支路中。

7. 据权利要求1所述的多粒子热阴极潘宁离子源,其特征在于,所述预设温度为300℃-400℃。

8. 一种回旋加速器,其特征在于,包括权利要求1-7任一项所述的多粒子热阴极潘宁离子源。

## 一种多粒子热阴极潘宁离子源及回旋加速器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及粒子加速器技术领域,尤其涉及一种多粒子热阴极潘宁离子源及回旋加速器。

### 背景技术

[0002] 离子源的作用是产生等离子体,然后被引出后,再由粒子加速器加速,是加速器的重要组成部分之一。离子源包括潘宁离子源和ECR离子源,而潘宁离子源又可以细分为冷阴极潘宁离子源和热阴极潘宁离子源。构成一个潘宁离子源,需要有阳极和阴极构成的电场,用来产生往返震荡的电子,另外还需要一个约束等离子体的磁场。潘宁离子源的等离子体的产生原理是:以质子潘宁离子源为例,离子源的阴极发射电子,电子在阳极和阴极产生的电场中会进行往返震荡运动,此时将高纯度氢气 $H_2$ 注入到离子源内部,电子会和氢气 $H_2$ 碰撞并将 $H_2$ 电离成质子 $H^+$ ,从而在离子源内部电势为0的区域附近产生的 $H^+$ 就能够被磁场约束形成 $H^+$ 等离子体。向离子源注入不同的气体就可以对应产生不同粒子的等离子体。

[0003] 现有的潘宁离子源主要存在离子源的引出束流强度较低的技术问题。因此,可采取将离子源安装在加速器中心的方式,但所在处的磁场强度高达8.5T,导致等离子体在引出后的回旋半径非常的小,因此离子源的阴极结构需要设计得非常紧凑,在这样的条件下,如何进行结构优化是目前的主要难点。

### 发明内容

[0004] 本发明的第一个目的在于提供一种多粒子热阴极潘宁离子源,该多粒子热阴极潘宁离子源提高了离子源的引出束流强度,且结构紧凑。

[0005] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0006] 一种多粒子热阴极潘宁离子源,包括:

[0007] 电极杆,其包括对称设置的电极杆阴极和电极杆对阴极;

[0008] 中心区弧室,其包括对称且间隔设置的第一弧室和第二弧室,所述电极杆阴极的下端设有所述第一弧室,所述电极杆对阴极的上端设有所述第二弧室,所述第一弧室包括第一阳极壁和置于所述第一阳极壁中的第一阴极头,所述第二弧室包括第二阳极壁和置于所述第二阳极壁中的第二阴极头,所述第一阴极头和所述第二阴极头正对设置且分别连接静电高压电源,所述第一阳极壁和所述第二阳极壁正对设置且分别接地;

[0009] 多气源供气系统,其与所述电极杆阴极和所述电极杆对阴极连接,所述多气源供气系统用于向所述中心区弧室通入气体。

[0010] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述第一弧室还包括第一加热单元,所述第一加热单元用于将所述第一阴极头加热到预设温度;

[0011] 所述第二弧室还包括第二加热单元,所述第二加热单元用于将所述第二阴极头加热到预设温度。

[0012] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述第一弧室还包括第一阴

极套筒,所述第一阴极套筒位于所述第一阳极壁内部,所述第一阴极套筒用于支撑镶套所述第一阴极头,且所述第一阴极头突出所述第一阴极套筒设置;

[0013] 所述第二弧室还包括第二阴极套筒,所述第二阴极套筒位于所述第二阳极壁内部,所述第二阴极套筒用于支撑镶套所述第二阴极头,且所述第二阴极头突出所述第二阴极套筒设置。

[0014] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述电极杆阴极和所述电极杆对阴极的结构相同,均包括由内向外依次套设的第一层、第二层、第三层、第四层、第五层、第六层和第七层,所述第一层连接离子源阴极,所述第二层为绝缘层,所述第三层连接所述第一加热单元电源的正极,所述第四层为绝缘层,所述第五层接地,所述第一加热单元电源的负极和所述第五层连接,所述第六层连接所述多气源供气系统,所述第七层接地,离子源阳极和所述第七层连接。

[0015] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述多气源供气系统包括:

[0016] 至少两个气瓶,所述气瓶通过气路支路连接所述电极杆阴极及所述电极杆对阴极。

[0017] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,还包括:

[0018] 气路控制系统,其包括控制软件和设置在所述气路支路中的进气调节阀、电磁阀、质量流量计和高压气表,所述电磁阀、所述质量流量计和所述高压气表分别与所述控制软件电连接。

[0019] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述进气调节阀为手动阀。

[0020] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述气路控制系统还包括:

[0021] 低压气表和减压阀,均设置于所述气路支路中。

[0022] 作为上述多粒子热阴极潘宁离子源的优选技术方案,所述预设温度为300℃-400℃。

[0023] 本发明的第二个目的在于提供一种回旋加速器,其离子源可以引出多种粒子。

[0024] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0025] 一种回旋加速器,包括上述任一技术方案所述的多粒子热阴极潘宁离子源。

[0026] 本发明的有益效果:

[0027] 本发明提供了一种多粒子热阴极潘宁离子源,该多粒子热阴极潘宁离子源包括电极杆、中心区弧室和多气源供气系统,电极杆包括对称设置的电极杆阴极和电极杆对阴极;中心区弧室包括对称且间隔设置的第一弧室和第二弧室,电极杆阴极的下端设有第一弧室,电极杆对阴极的上端设有第二弧室,第一弧室包括第一阳极壁和置于第一阳极壁中的第一阴极头,第二弧室包括第二阳极壁和置于第二阳极壁中的第二阴极头,第一阴极头和第二阴极头正对设置且分别连接静电高压电源,第一阳极壁和第二阳极壁正对设置且分别接地;多气源供气系统与电极杆阴极和电极杆对阴极连接,多气源供气系统用于向中心区弧室通入气体。

[0028] 在上述结构下,第一阴极头和第一阳极壁之间形成的静电高压场以及第二阴极头和第二阳极壁之间形成的静电高压场可以使得自由电子能在第一阴极头和第二阴极头之间往返运动,第一阴极头和第二阴极头的连线的中间点的电势为0,气体进入到中心区弧室之后被高速运动的自由电子撞击之后电离形成质子,并被磁场束缚在电势为0的区域附近

形成等离子体,最后,形成的等离子体在高频加速电压的作用下被引出,从而开始被不断地加速。该热阴极潘宁离子源的引出束流强度高于现有的冷阴极潘宁离子源,可以提高粒子治疗装备的剂量率,从而进一步提高FLASH治疗的临床效果;且结构紧凑,适合在超小型超导同步回旋加速器中使用。

[0029] 本发明提供了一种回旋加速器,包括上述的多粒子热阴极潘宁离子源。该回旋加速器的离子源可以引出多种粒子,可应用于多粒子态回旋加速器中,有助于研究多粒子放疗的临床效果。

## 附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对本发明实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据本发明实施例的内容和这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1是本发明具体实施例所提供的多粒子热阴极潘宁离子源的结构示意图;

[0032] 图2是本发明具体实施例所提供的多粒子热阴极潘宁离子源的局部剖视图;

[0033] 图3是本发明具体实施例所提供的多粒子热阴极潘宁离子源的电极杆的局部剖视图;

[0034] 图4是本发明具体实施例所提供的多粒子热阴极潘宁离子源的多气源供气系统的结构示意图;

[0035] 图5是本发明具体实施例所提供的多粒子热阴极潘宁离子源的气路控制系统的原理示意图;

[0036] 图6是本发明具体实施例所提供的回旋加速器的局部剖视图;

[0037] 图7是本发明具体实施例所提供的回旋加速器的外观图。

[0038] 图中:

[0039] 1、电极杆;

[0040] 11、电极杆阴极;12、电极杆对阴极;111、第一层;112、第二层;113、第三层;114、第四层;115、第五层;116、第六层;117、第七层;

[0041] 2、中心区弧室;

[0042] 21、第一阳极壁;22、第一阴极头;23、第二阳极壁;24、第二阴极头;25、第一加热单元;26、第二加热单元;27、第一阴极套筒;28、第二阴极套筒;

[0043] 3、多气源供气系统;

[0044] 31、第一气瓶;32、第二气瓶;33、第三气瓶;

[0045] 41、进气调节阀;42、质量流量计;43、高压气表;44、低压气表;45、减压阀;46、第一电磁阀;47、第二电磁阀;48、第三电磁阀;

[0046] 5、电脑;

[0047] 6、网络交换器;

[0048] 100、多粒子热阴极潘宁离子源;200、回旋加速器。

## 具体实施方式

[0049] 为使本发明解决的技术问题、采用的技术方案和达到的技术效果更加清楚,下面将结合附图对本发明实施例的技术方案做进一步的详细描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0050] 在本发明的描述中,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”、“固定”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0051] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0052] 下面结合附图并通过具体实施例来进一步说明本发明所提供的一种多粒子热阴极潘宁离子源100的技术方案。

[0053] 本实施例提供一种多粒子热阴极潘宁离子源100,如图1和图2所示,该多粒子热阴极潘宁离子源100包括电极杆1、中心区弧室2和多气源供气系统3,电极杆1包括对称设置的电极杆阴极11和电极杆对阴极12;中心区弧室2包括对称且间隔设置的第一弧室和第二弧室,电极杆阴极11的下端设有第一弧室,电极杆对阴极12的上端设有第二弧室,第一弧室包括第一阳极壁21和置于第一阳极壁21中的第一阴极头22,第二弧室包括第二阳极壁23和置于第二阳极壁23中的第二阴极头24,第一阴极头22和第二阴极头24正对设置且分别连接静电高压电源,电势为-2kV,第一阳极壁21和第二阳极壁23正对设置且分别接地,电势为0;多气源供气系统3分别连接电极杆阴极11远离第一弧室的一端、以及电极杆对阴极12远离第二弧室的一端,多气源供气系统3用于向中心区弧室2通入气体。

[0054] 在上述结构下,第一阴极头22和第一阳极壁21之间形成的静电高压场以及第二阴极头24和第二阳极壁23之间形成的静电高压场可以使得自由电子能在第一阴极头22和第二阴极头24之间往返运动,第一阴极头22和第二阴极头24的连线的中间点的电势为0,气体进入到中心区弧室2之后被高速运动的自由电子撞击之后电离形成质子,并被磁场束缚在电势为0的区域附近形成等离子体,最后,形成的等离子体在高频加速电压的作用下被引出,从而开始被不断地加速。该热阴极潘宁离子源的引出束流强度高于现有的冷阴极潘宁离子源,可以提高粒子治疗装备的剂量率,从而进一步提高FLASH治疗的临床效果;且结构紧凑,适合在超小型超导同步回旋加速器200中使用。

[0055] 进一步地,第一弧室还包括第一加热单元25,第一加热单元25用于将第一阴极头22加热到预设温度;第二弧室还包括第二加热单元26,第二加热单元26用于将第二阴极头24加热到预设温度。升温后的阴极头在静电高压场的作用下能够产生大量的自由电子。

[0056] 可选地,预设温度为300℃-400℃。具体温度可根据实际情况进行设定。

[0057] 优选地,第一加热单元25和第二加热单元26选用灯丝,灯丝通过直流电源将阴极头加热到300℃-400℃。灯丝易于获取且价格低廉。

[0058] 进一步优选地,第一弧室还包括第一阴极套筒27,第一阴极套筒27位于第一阳极壁21内部,第一阴极套筒27用于支撑镶套第一阴极头22,且第一阴极头22突出第一阴极套筒27设置;第二弧室还包括第二阴极套筒28,第二阴极套筒28位于第二阳极壁23内部,第二阴极套筒28用于支撑镶套第二阴极头24,且第二阴极头24突出第二阴极套筒28设置。通过设置阴极套筒,提高了阴极头的结构强度和稳定性。可选地,第一阴极套筒27和第二阴极套筒28均由耐高温绝缘材料制成,保证工作稳定性。

[0059] 可选地,阳极壁的末端呈V形,有利于聚集并导向阴极头发射的自由电子。即:第一阳极壁21靠近第二阳极壁23的端部呈正V形,第二阳极壁23靠近第一阳极壁21的端部呈倒V形,第一阳极壁21的开口和第二阳极壁23的开口正对设置。

[0060] 在本实施例中,电极杆阴极11和电极杆对阴极12的结构相同,本实施例以电极杆阴极11为例进行说明。

[0061] 如图3所示,电极杆阴极11包括由内向外依次套设的第一层111、第二层112、第三层113、第四层114、第五层115、第六层116和第七层117,第一层111连接离子源阴极,例如-2kV阴极偏置电压,第二层112为绝缘层,第三层113连接第一加热单元25电源的正极,第四层114为绝缘层,第五层115接地,电势为0,第一加热单元25电源的负极和第五层115连接,第六层116为进气通道,连接多气源供气系统3,用于通入气体,第七层117接地,电势为0,离子源阳极和第七层117连接。电极杆阴极11和电极杆对阴极12均由以上七层结构组成,有利于提高潘宁离子源的结构紧凑性,实现热阴极潘宁离子源的技术方案。

[0062] 现有的潘宁离子源还存在无法引出多种粒子,因而无法应用于多粒子回旋加速器200中的技术问题。而要想实现多粒子引出离子源,需要对气路和控制模块进行优化设计,实现不同气体可以远程控制切换的功能,同时还需要保证气体切换之后仍具有高纯度的指标要求。

[0063] 为此,上述多气源供气系统3包括至少两个气瓶,气瓶通过气路支路连接电极杆阴极11及电极杆对阴极12。如图4和图5所示,本实施例中以三种气体为例进行说明,即多气源供气系统3包括三个气瓶,三个气瓶中分别存放不同气体,例如氢气、氦气、氖气等,每个气瓶均通过气路支路分别与电极杆阴极11及电极杆对阴极12连接。在电极杆阴极11和电极杆对阴极12的末端,电极杆1的第五层115和地线a相连接、第七层117和地线b相连接,使得第六层116进气通道没有电场产生,避免因气体电离打火而损坏电极杆1。

[0064] 进一步地,该多粒子热阴极潘宁离子源100还包括气路控制系统,如图5所示,气路控制系统包括控制软件和设置在气路支路中的进气调节阀41、电磁阀、质量流量计42和高压气表43,电磁阀、质量流量计42和高压气表43分别与控制软件电连接。可选地,进气调节阀41为手动阀。

[0065] 控制软件安装在电脑5等终端中,电磁阀、质量流量计42和高压气表43通过网络交换机6与电脑5连接,以实现控制软件对电磁阀、质量流量计42和高压气表43的控制。

[0066] 优选地,气路控制系统还包括低压气表44和减压阀45,均设置于气路支路中。

[0067] 需要说明的是,本实施例中的进气调节阀41、电磁阀、质量流量计42、高压气表43、低压气表44和减压阀45均为现有技术中可以直接获得的零部件,因此,不再对其结构和工



作原理进行赘述。

[0068] 如图5所示,通过控制软件可以通过第一电磁阀46、第二电磁阀47和第三电磁阀48对进入中心区弧室2的气体进行选择。比如,将第一电磁阀46打开,第二电磁阀47和第三电磁阀48关闭,则多气源供气系统3选择的气体来自第一气瓶31。进气率同样可以在电脑5上通过控制软件控制质量流量计42来实现。各气瓶中的气体余量可以在电脑5上通过读取高压表的读数来判断。低气压表在手动调节减压阀45的时候配套使用。

[0069] 可以理解的是,本实施例的多粒子热阴极潘宁离子源100还包括电源系统,其包括静电高压电源和灯丝直流电源,以及气路控制系统的电源。

[0070] 下面举例说明该多粒子热阴极潘宁离子源100的工作原理。

[0071] 假设第一气瓶31中的气体是氢气,第二气瓶32中的是氦气,第三气瓶33中的是氖气。将第一电磁阀46打开,第二电磁阀47和第三电磁阀48关闭,则氢气从第一气瓶31通过气路支路进入到电极杆1的第六层116即进气通道,再进入到中心区弧室2,氢气的流量控制通过电脑5远程控制质量流量计42来实现。在中心区弧室2,阴极头在灯丝的作用下加热到300℃-400℃左右,阴极头和阳极壁之间产生一个静电高压场,阴极头在灯丝和静电高压场的作用下产生大量的自由电子,两个阴极头和两个阳极壁形成的静电场可以使自由电子在两个阴极头之间进行往返运动,同时回旋加速器200主磁铁会形成一个轴向的磁场,磁场方向平行于电极杆1,该磁场对自由电子和等离子体具有束缚作用。氢气进入到中心区弧室2之后,在此处被高速运动的自由电子撞击之后电离形成质子,并被磁场束缚住稳定在两个阴极头中间(电势为0的中间点附近)形成等离子体。最后,等离子体在高频加速电压的作用下被引出,从而开始被不断地加速。

[0072] 如果要将粒子类型切换为氦离子,则可以将第二电磁阀47打开,第一电磁阀46和第三电磁阀48关闭,则氦气从第二气瓶32通过气路支路进入到电极杆1的第六层116即进气通道,再进入到中心区弧室2,并在电场、磁场和自由电子的作用下,产生氦离子。

[0073] 如果要将粒子类型切换为氖离子,则可以将第三电磁阀48打开,第一电磁阀46和第二电磁阀47关闭,则氖气从第三气瓶33通过气路支路进入到电极杆1的第六层116即进气通道,再进入到中心区弧室2,并在电场、磁场和自由电子的作用下,产生氖离子。

[0074] 本发明的第二个目的在于提供一种回旋加速器200,其离子源可以引出多种粒子。如图6和图7所示,该回旋加速器200包括上述任一技术方案的多粒子热阴极潘宁离子源100。电极杆1的电极杆阴极11和电极杆对阴极12分别从回旋加速器200的上方和下方顺着轴向插入中心区。由于该回旋加速器200包括上述的多粒子热阴极潘宁离子源100,因此可应用于多粒子态回旋加速器200中,有助于研究多粒子放疗的临床效果。

[0075] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为了清楚说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

[0076] 注意,在本说明书的描述中,参考术语“有些实施例”、“其他实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

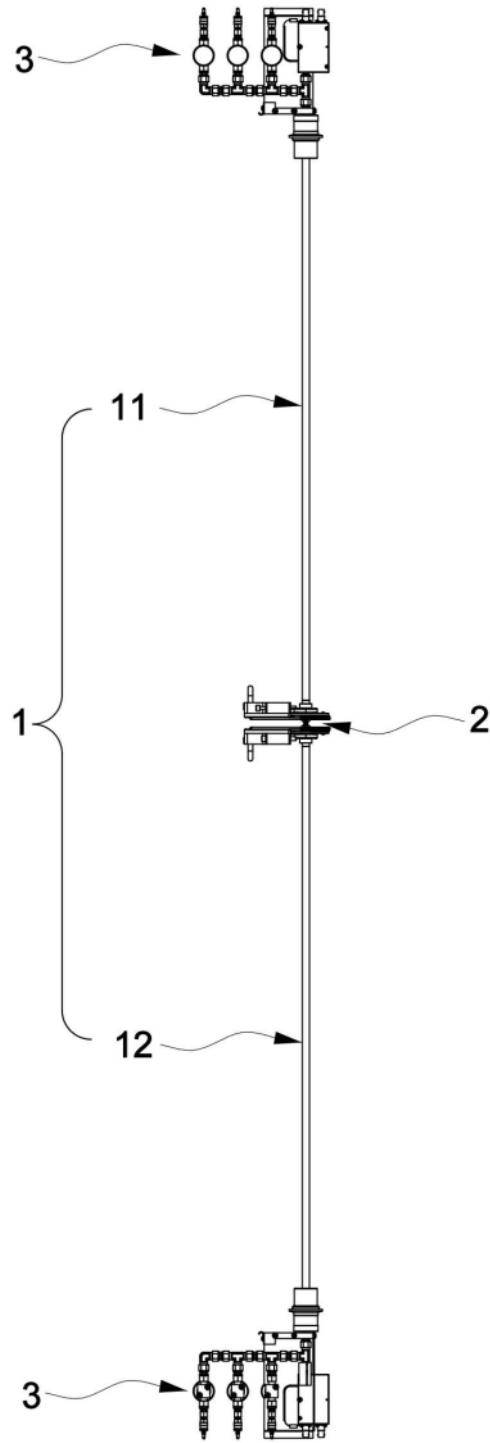


图1

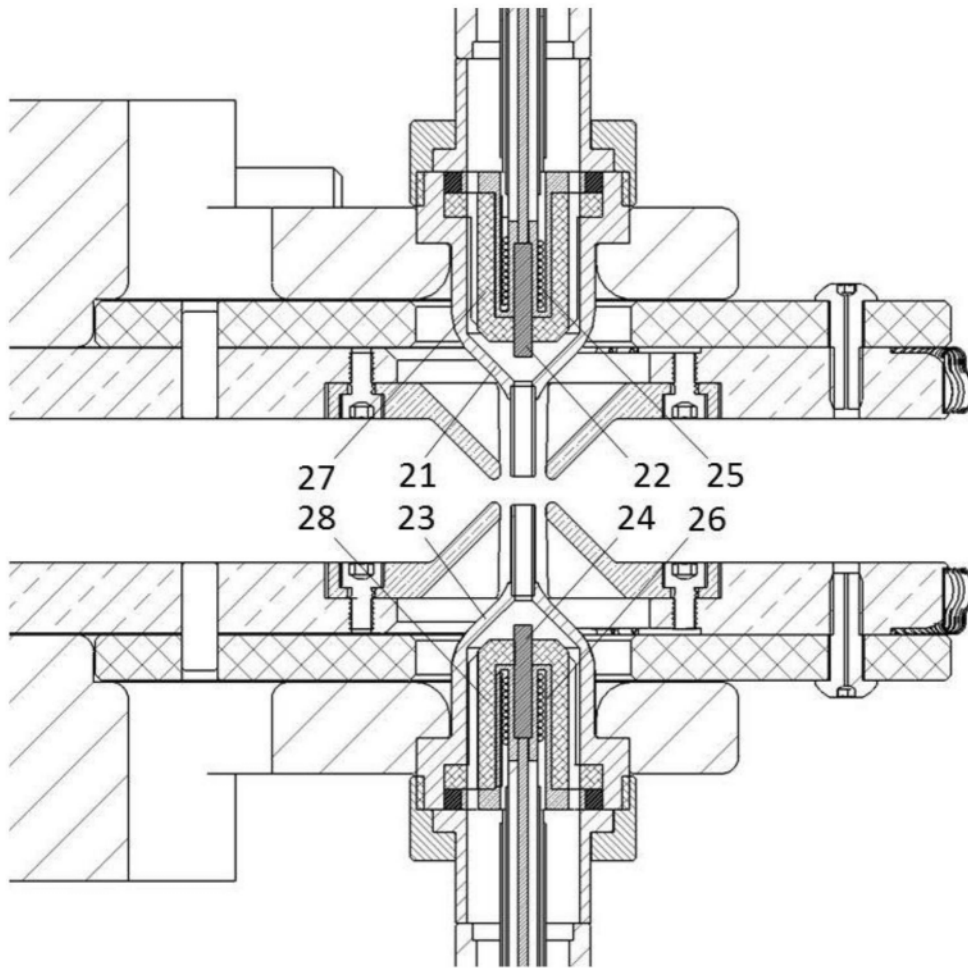


图2

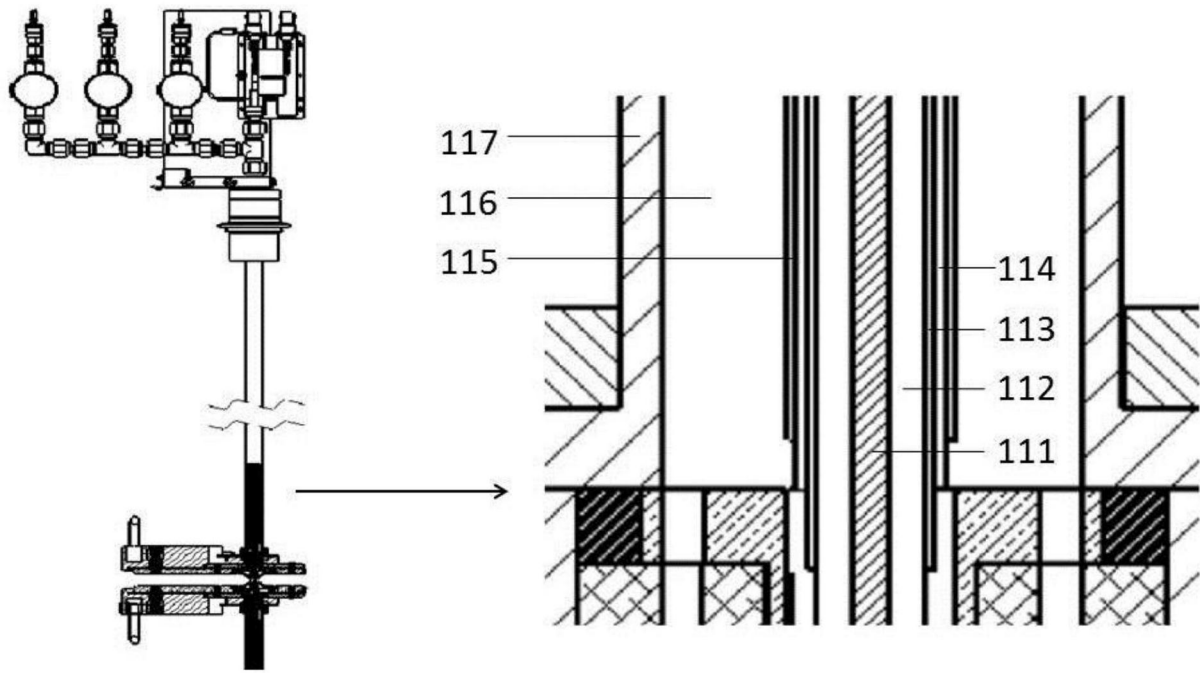


图3

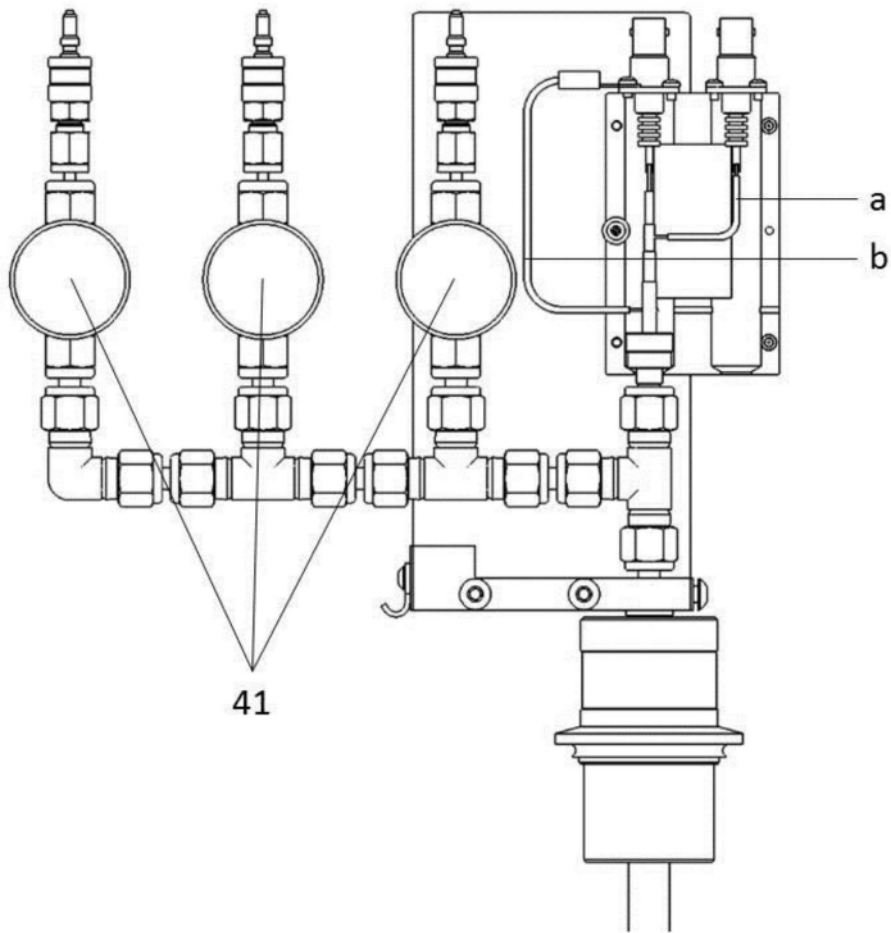


图4

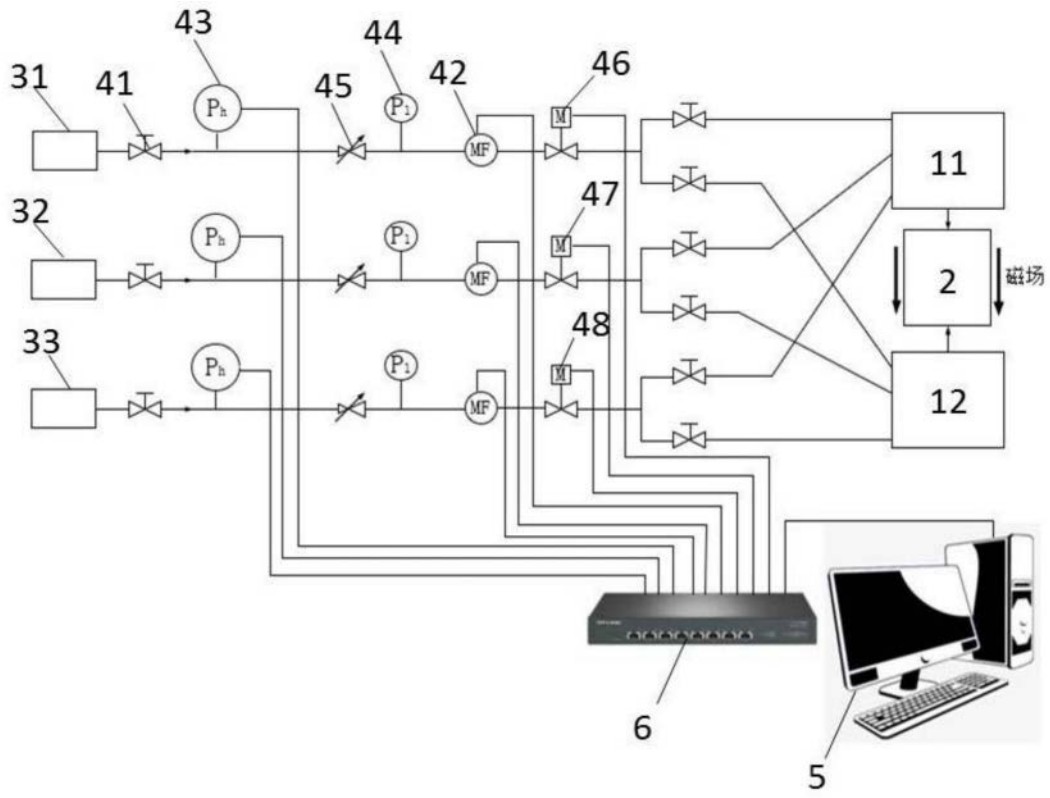


图5

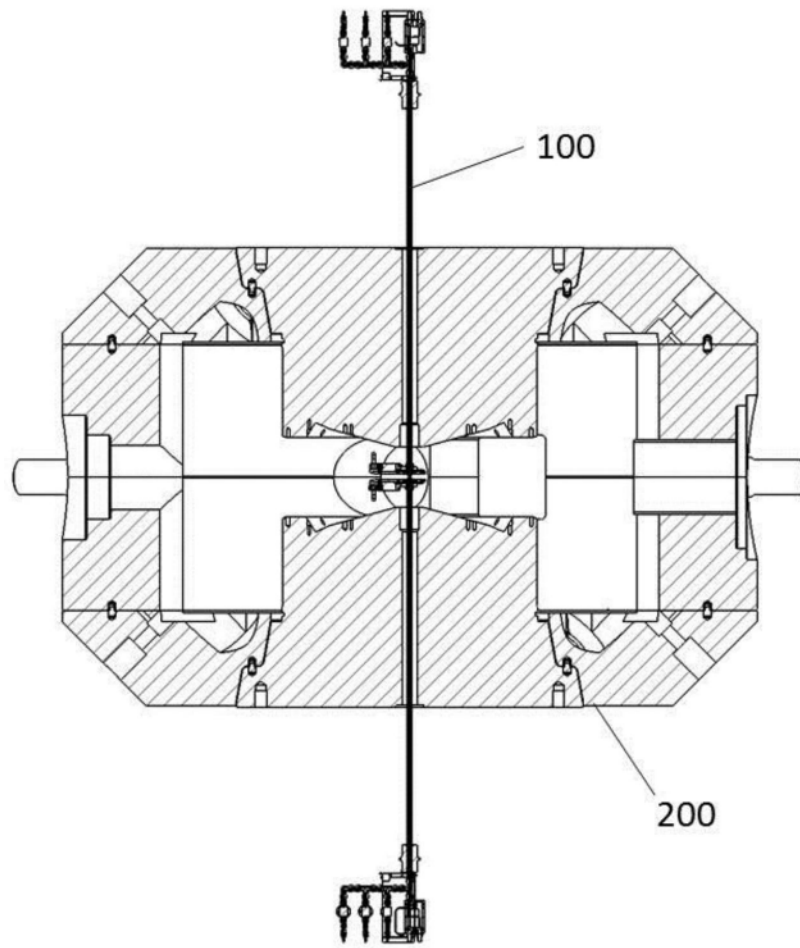


图6



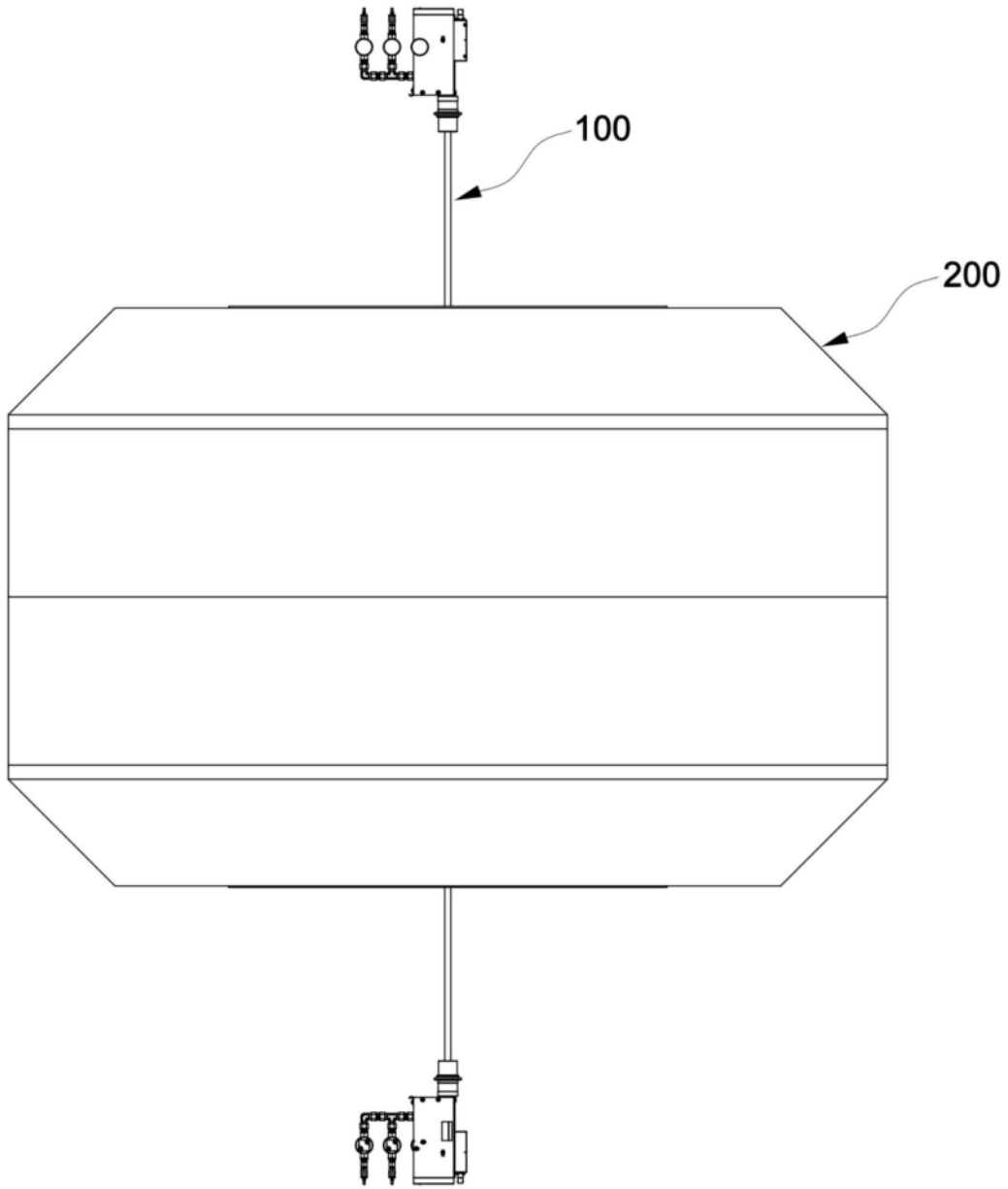


图7