



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110225643 B

(45) 授权公告日 2021.06.04

(21) 申请号 201910413362.6
 (22) 申请日 2019.05.17
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 110225643 A
 (43) 申请公布日 2019.09.10
 (66) 本国优先权数据
 201910326891.2 2019.04.23 CN
 (73) 专利权人 中国科学院近代物理研究所
 地址 730000 甘肃省兰州市南昌路509号
 (72) 发明人 赵红卫 孙良亭 杨尧 翟雨晗
 (74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
 代理人 谢斌
 (51) Int. Cl.
 H05H 7/00 (2006.01)
 H05H 7/06 (2006.01)
 H05H 7/08 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 108811297 A, 2018.11.13

CN 207099420 U, 2018.03.13
 CN 102479654 A, 2012.05.30
 CN 107318213 A, 2017.11.03
 CN 207587694 U, 2018.07.06
 杨尧. ECR离子源引出的低能高电荷态离子束传输研究.《中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑》. 2015, (第11期), 正文第12-106页.
 M. Fukuda et al.. ACCELERATION OF COCKTAIL IONS AT THE JAERI AVF CYCLOTRON.《Proceedings of the 1999 Particle Accelerator Conference, New York》. 1999, 2259-2561.
 L Sun et al.. INTENSE BEAM ION SOURCES DEVELOPMENT AT IMP.《Proceedings of IPAC2013, Shanghai, China》. 2013, 第2082-2084页.
 黄韬等. 带有质量分析系统的强流质子束低能传输线研究.《原子核物理评论》. 2018, 第35卷(第1期), 第40-45页.
 审查员 吴小云

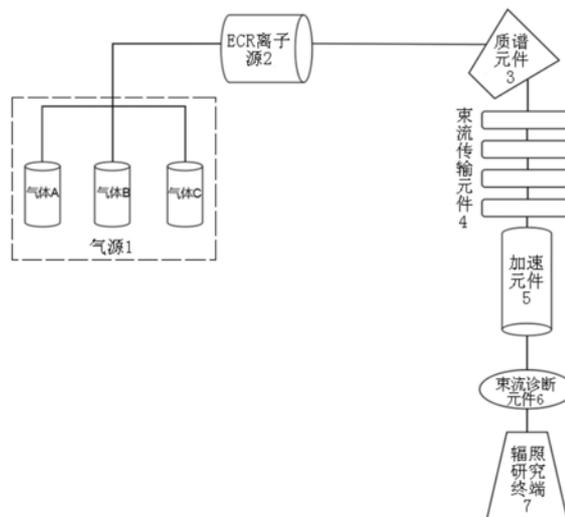
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称
一种鸡尾酒束流制备装置及方法

大缩短了束流切换的时间,而且可实现多种离子束辐照的协同作用。

(57) 摘要

本发明涉及一种鸡尾酒束流制备装置及方法,包括气源、ECR离子源、质谱元件、束流传输元件、加速元件和束流诊断元件;气源包括与ECR离子源连接的至少两种工作气体;ECR离子源用于对馈入的混合工作气体通过高能电子的逐级剥离产生等离子体并引出混合离子束;质谱元件设置在混合离子束的引出路径上,用于从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;束流传输元件、加速元件和束流诊断元件顺序设置在混合离子束流的引出路径上,并最终引出最佳横向尺寸的混合离子束流,即鸡尾酒束流。本发明可以实现质荷比相同或完全不同的多种离子的同时引出、匹配和加速,不仅大



1. 一种鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,包括气源(1)、ECR离子源(2)、质谱元件(3)、束流传输元件(4)、加速元件(5)和束流诊断元件(6);

所述气源(1)包括与所述ECR离子源(2)连接的至少两种工作气体;

所述ECR离子源(2)用于对馈入的混合工作气体通过高能电子的逐级剥离产生等离子体并引出混合离子束;

所述质谱元件(3)设置在混合离子束的引出路径上,用于从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;

所述束流传输元件(4)、加速元件(5)和束流诊断元件(6)顺序设置在混合离子束流的引出路径上,所述加速元件(5)用于给混合离子束流提供加速能量,所述束流诊断元件(6)用于对混合离子束流中各离子所占比例进行分析,并最终引出最佳横向尺寸的混合离子束流,即鸡尾酒束流。

2. 根据权利要求1所述的鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,所述质谱元件(3)采用二极磁铁。

3. 根据权利要求1所述的鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,所述束流传输元件(4)采用四极磁铁,用于对混合离子束流的横向尺寸进行调整。

4. 根据权利要求1所述的鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,所述加速元件(5)采用直线加速器,用于给混合离子束流提供加速能量。

5. 根据权利要求1所述的鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,所述束流诊断元件(6)为束流能散探测器。

6. 一种鸡尾酒束流制备方法,采用如权利要求1到5任一项所述的鸡尾酒束流制备装置,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一:将至少两种工作气体馈入ECR离子源(2)产生混合离子束并引出至质谱元件(3);

步骤二:通过快速切换的质谱元件(3)从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;

步骤三:通过束流传输元件(4)对分离出的混合离子束流的横向尺寸进行快速同步调制,实现混合离子束流的高效传输;

步骤四:通过对加速元件(5)相位的精确快速调制,实现混合离子束流在加速元件(5)中加速相位的匹配;

步骤五:通过束流诊断元件(6)对混合离子束流中各离子所占比例进行分析,最后将混合离子束流引出至辐照研究终端。

7. 根据权利要求6所述的鸡尾酒束流制备方法,其特征在于,鸡尾酒束流包含:(1)质荷比完全相同的离子⁺;(2)质荷比有一定差异的离子;(3)质荷比完全不同的任意离子。

8. 根据权利要求7所述的鸡尾酒束流制备方法,其特征在于,不同质荷比的离子在二极磁铁中的偏转半径不同,因此只有设计的特定价态的离子束流能够通过:(1)质荷比完全相同的离子在二极磁铁中的偏转半径相同,并且在四极磁铁中也具有相同的聚焦力,因此不需要调节;(2)质荷比有一定差异的离子在二极磁铁中的偏转半径具有一定的差异,但在四极磁铁中的聚焦力差异不大,需要针对不同的离子进行二极磁铁磁场的设定,然后通过二极磁铁的磁场场值快速扫描,使对应的离子束流能够在毫秒量级时间尺度内实现快速切

换,从而实现混合离子束流按设定的路径运行;(3)质荷比完全不同的任意离子不仅在二极磁铁中的偏转半径不同,而且在四极磁铁中受到的聚焦力也不同,因此不仅需要进行二极磁铁的快速切换,而且需要针对每一种离子利用四极磁铁进行调制优化,使不同离子束流获得最佳的横向尺寸。

9.根据权利要求7所述的鸡尾酒束流制备方法,其特征在于,不同质荷比的离子在相同的预加速情况下获得的初始速度不同,因而进入直线加速器的时间相位也不同,需要通过低电平控制程序对直线加速器的加速电压进行移相,使混合离子束流落在直线加速器的加速相位上,以获得最大的加速效率。

一种鸡尾酒束流制备装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多束流引出装置,具体是关于一种基于直线加速器的鸡尾酒束流制备装置及方法。

背景技术

[0002] 离子源作为重离子加速器装置的源头,一直以不断追求更高的束流强度、更好的束流品质、更稳定的供束模式为主要研究方向。传统重离子加速器供束方案为同时只提供单一种类的离子束流,随着重离子加速器在核材料物理研究方面的发展,为真实的模拟在核聚变反应堆中中子和其他粒子对材料的辐照损伤和影响,单一重离子对材料的辐照已经不足以满足核材料物理发展的需要,需要多种离子束流对材料进行共同辐照的协同作用以达到实验需求(例如:Si+H+He)。

[0003] 现有的解决方法是:1) 在传统加速器中实行分时段供束,一种束流轰击后迅速切换另一种束流进行辐照;2) 使用多台离子源设备同时提供需要的束流,在一种束流轰击时,其他束流处于待束状态,直到切换束流;3) 利用多个加速器系统共同加速并引出离子束流,并同时轰击材料靶。但在传统加速器(如回旋加速器、静电加速器)条件下,受制于束流切换的时间,离子源和束线的准备往往需要超过几个小时甚至24小时以上,所以此种时间间隔下的辐照实验远没有达到可以真实模拟协同作用工况的水平,从而无法作为探究核材料在反应堆中受辐照情况的有效手段。因而,也有采用多台加速器并束来实现协同作用目的方案,但其研制成本过高。类似技术国际上已有先例,如使用多台离子源同时进行束流引出混合加速的技术,美国ANL实验室的ATLAS加速器装置,它的前端就使用了两台离子源进行束流供给,此装置实现了多种束流同时引出及加速,大大缩短了切换束流所花费的时间。但是,此装置也存在不足之处,此装置产生混合束流的方式是利用多台离子源共同引出,并且需要在低能传输线上使用特殊设计的偏转磁铁和较大磁场强度的聚焦磁铁以满足不同束流的混合以及相空间的匹配,设计复杂,造价高昂。

[0004] 目前,我国也有类似的多束流引出装置,比如原子能科学研究所的三束辐照装置,它利用1台HI-13串列加速器、1台250kV氢注入器、1台500kV氦注入器来实现多束共同加速引出打靶,从而实现多束辐照的协同损伤效应研究,但此套装置过高的造价以及单一的实验特点让其不能成为一种推广装置。

发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种基于直线加速器的鸡尾酒束流制备装置及方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种鸡尾酒束流制备装置,包括气源、ECR离子源、质谱元件、束流传输元件、加速元件和束流诊断元件;所述气源包括与所述ECR离子源连接的至少两种工作气体;所述ECR离子源用于对馈入的混合工作气体通过高能电子的逐级剥离产生等离子体并引出混合离子束;所述质谱元件设置在混合离子束的引出

路径上,用于从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;所述束流传输元件、加速元件和束流诊断元件顺序设置在混合离子束流的引出路径上,并最终引出最佳横向尺寸的混合离子束流,即鸡尾酒束流。

[0007] 所述的鸡尾酒束流制备装置,优选的,所述质谱元件采用二极磁铁。

[0008] 所述的鸡尾酒束流制备装置,优选的,所述束流传输元件采用四极磁铁,用于对混合离子束流的横向尺寸进行调整。

[0009] 所述的鸡尾酒束流制备装置,优选的,所述加速元件采用直线加速器,用于给混合离子束流提供加速能量。

[0010] 所述的鸡尾酒束流制备装置,优选的,所述束流诊断元件为束流能散探测器,用于对混合离子束流中各离子所占比例进行分析。

[0011] 一种鸡尾酒束流制备方法,采用上述的鸡尾酒束流制备装置,该方法包括以下步骤:

[0012] 步骤一:将至少两种工作气体馈入ECR离子源产生混合离子束并引出至质谱元件;

[0013] 步骤二:通过快速切换的质谱元件从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;

[0014] 步骤三:通过束流传输元件对分离出的混合离子束流的横向尺寸进行快速同步调制,实现混合离子束流的高效传输;

[0015] 步骤四:通过对加速元件相位的精确快速调制,实现混合离子束流在加速元件中加速相位的匹配;

[0016] 步骤五:通过束流诊断元件对混合离子束流中各离子所占比例进行分析,最后将混合离子束流引出至辐照研究终端。

[0017] 所述的鸡尾酒束流制备方法,优选的,鸡尾酒束流包含:(1)质荷比完全相同的离子⁺;(2)质荷比有一定差异的离子;(3)质荷比完全不同的任意离子。

[0018] 所述的鸡尾酒束流制备方法,优选的,不同质荷比的离子在二极磁铁中的偏转半径不同,因此只有设计的特定价态的离子束流能够通过:(1)质荷比完全相同的离子在二极磁铁中的偏转半径相同,并且在四极磁铁中也具有相同的聚焦力,因此不需要调节;(2)质荷比有一定差异的离子在二极磁铁中的偏转半径具有一定的差异,但在四极磁铁中的聚焦力差异不大,需要针对不同的离子进行二极磁铁磁场的设定,然后通过二极磁铁的磁场场值快速扫描,使对应的离子束流能够在毫秒量级时间尺度内实现快速切换,从而实现混合离子束流按设定的路径运行;(3)质荷比完全不同的任意离子不仅在二极磁铁中的偏转半径不同,而且在四极磁铁中受到的聚焦力也不同,因此不仅需要进行二极磁铁的快速切换,而且需要针对每一种离子利用四极磁铁进行调制优化,使不同离子束流获得最佳的横向尺寸。

[0019] 所述的鸡尾酒束流制备方法,优选的,不同质荷比的离子在相同的预加速情况下获得的初始速度不同,因而进入直线加速器的时间相位也不同,需要通过低电平控制程序对直线加速器的加速电压进行移相,使混合离子束流落在直线加速器的加速相位上,以获得最大的加速效率。

[0020] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:本发明可以实现质荷比相同或完全不同的多种离子的同时引出、匹配和加速,不仅大大缩短了束流切换的时间,而且可实

现多种离子束辐照的协同作用,相比于多个加速器辐照的技术,大大降低了装置的规模与研制成本,可以更好的满足核材料实验的多束辐照探究协同效应导致材料损伤、肿胀、硬化的要求,为特种材料的研发提供方便快捷的实验方法。

附图说明

[0021] 图1为本发明的结构框图。

具体实施方式

[0022] 以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明,以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是,附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制,而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。

[0023] 如图1所示,本发明提供的鸡尾酒束流制备装置,包括气源1、ECR离子源2、质谱元件3、束流传输元件4、加速元件5和束流诊断元件6。其中,气源1包括与ECR离子源2连接的至少两种工作气体,ECR离子源2用于对馈入的混合工作气体通过高能电子的逐级剥离产生等离子体并引出混合离子束。质谱元件3设置在混合离子束的引出路径上,用于从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流。束流传输元件4、加速元件5和束流诊断元件6顺序设置在混合离子束流的引出路径上,并最终引出最佳横向尺寸的混合离子束流,即鸡尾酒束流。

[0024] 在上述实施例中,优选的,质谱元件3采用二极磁铁。

[0025] 在上述实施例中,优选的,束流传输元件4采用四极磁铁,用于对混合离子束流的横向尺寸进行调整。

[0026] 在上述实施例中,优选的,加速元件5采用直线加速器,用于给混合离子束流提供加速能量。

[0027] 在上述实施例中,优选的,束流诊断元件6为束流能散探测器,用于对混合离子束流中各离子所占比例进行分析。

[0028] 基于上述实施例提供的鸡尾酒束流制备装置,本发明还提出了一种鸡尾酒束流制备方法,包括以下步骤:

[0029] 步骤一:将至少两种工作气体馈入ECR离子源2产生混合离子束并引出至质谱元件3;

[0030] 步骤二:通过快速切换的质谱元件3从混合离子束中筛选分离出所需特定价态的离子并引出混合离子束流;

[0031] 步骤三:通过束流传输元件4对分离出的混合离子束流的横向尺寸进行快速同步调制,实现混合离子束流的高效传输;

[0032] 步骤四:通过对加速元件5相位的精确快速调制,实现混合离子束流在加速元件5中加速相位的匹配;

[0033] 步骤五:通过束流诊断元件6对混合离子束流中各离子所占比例进行分析,最后将混合离子束流引出至辐照研究终端7。

[0034] 在上述实施例中,优选的,鸡尾酒束流包含:(1)质荷比完全相同的离子,例如 ${}^4\text{He}^+$ 和 ${}^{16}\text{O}^{4+}$;(2)质荷比有一定差异的离子,例如 ${}^{86}\text{Kr}^{12+}$ 和 ${}^{14}\text{N}^{2+}$;(3)质荷比完全不同的任意离子,

例如 $^{56}\text{Fe}^{19+}$ 、 $^4\text{He}^{2+}$ 及 H^+ 。

[0035] 在上述实施例中,优选的,由于二极磁铁的磁偏转特性,不同质荷比的离子在二极磁铁中的偏转半径不同,因此只有设计的特定价态的离子束流能够通过:(1)质荷比完全相同的离子在二极磁铁中的偏转半径相同,并且在四极磁铁中也具有相同的聚焦力,因此不需要调节;(2)质荷比有一定差异的离子在二极磁铁中的偏转半径具有一定的差异,但在四极磁铁中的聚焦力差异不大,需要针对不同的离子进行二极磁铁磁场的设定(不同的离子具有不同的荷质比,而不同质荷比的离子的磁刚度不同),然后通过二极磁铁的磁场场值快速扫描,使对应的离子束流能够在毫秒量级时间尺度内实现快速切换,从而实现混合离子束流按设定的路径运行;(3)质荷比完全不同的任意离子不仅在二极磁铁中的偏转半径不同,而且在四极磁铁中受到的聚焦力也不同,因此不仅需要进行二极磁铁的快速切换,而且需要针对每一种离子利用四极磁铁进行调制优化,使不同离子束流获得最佳的横向尺寸。

[0036] 在上述实施例中,优选的,不同质荷比的离子在相同的预加速情况下获得的初始速度不同,因而进入直线加速器的时间相位也不同,需要通过低电平控制程序对直线加速器的加速电压进行移相,使混合离子束流落在直线加速器的加速相位上,以获得最大的加速效率。

[0037] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

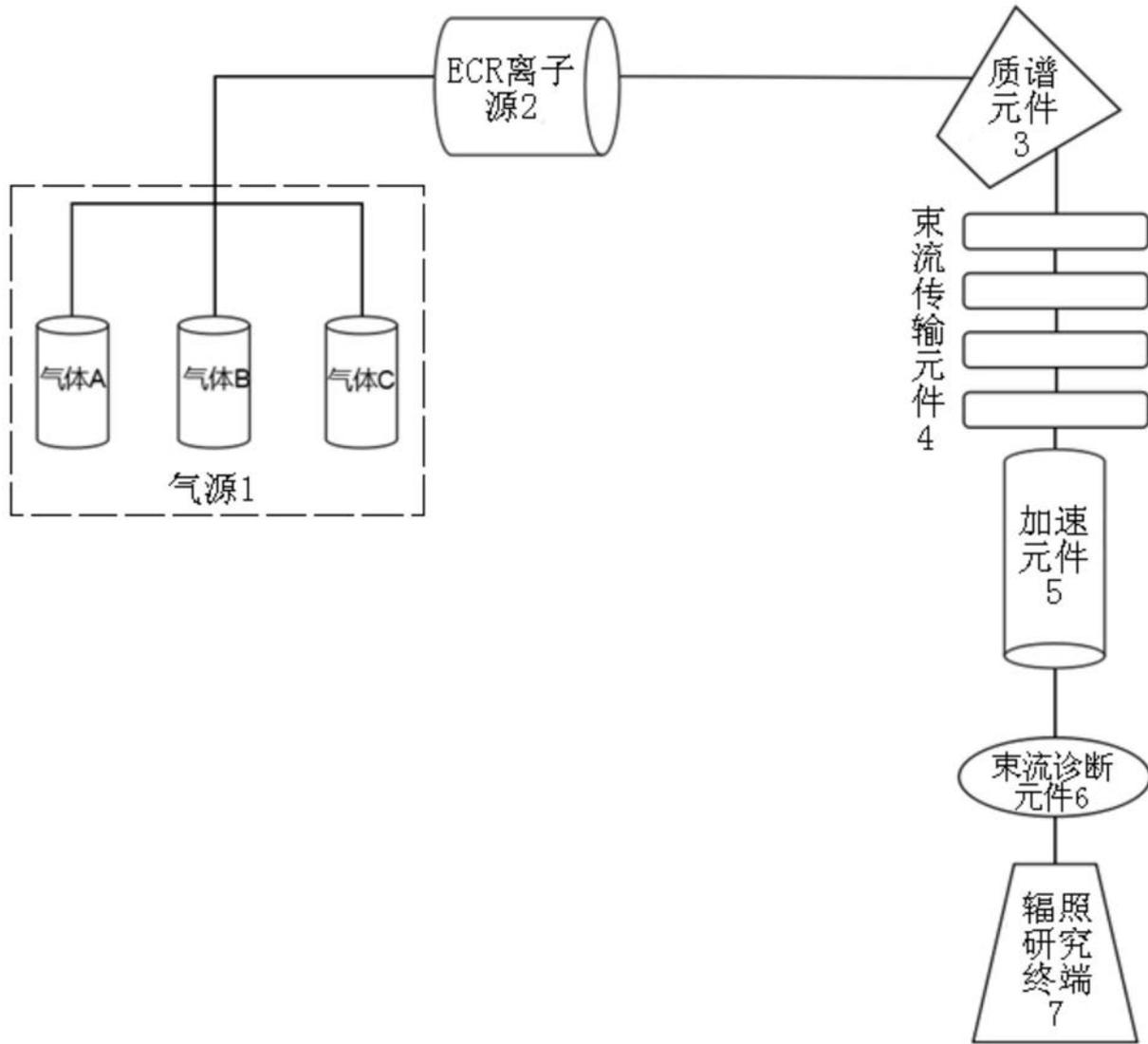


图1