



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114242560 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 25

(21) 申请号 202111287424.7

(22) 申请日 2021.11.02

(71) 申请人 中国原子能科学研究院

地址 102413 北京市房山区新镇三强路1号
院

(72) 发明人 何明 赵庆章 何洪钰 张文慧
胡畔 董鹏伟

(74) 专利代理机构 北京天悦专利代理事务所
(普通合伙) 11311

代理人 田明 任晓航

(51) Int.Cl.

H01J 49/16 (2006.01)

H01J 49/00 (2006.01)

G01N 27/623 (2021.01)

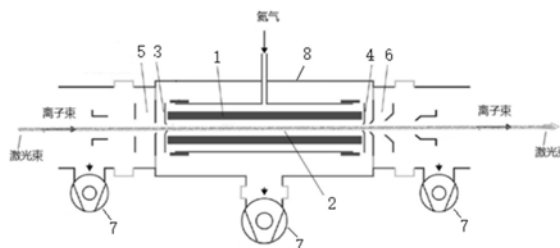
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于排除同量异位素的激光光解装置
及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种排除同量异位素的激光光解装置及方法,属于放射性核素灵敏度测量技术领域,所述装置包括用于引出阴离子束的离子源、用于产生激光束的激光发生器和射频四极杆,氦气冷却反应池置于射频四极杆中间区域中;在射频四极杆前端设置有减速电极,后端设置有加速电极;射频四极杆、减速电极和加速电极均置于管道中,在管道上设置有氦气进气口,微量氦气通过氦气进气口进入氦气冷却反应池;在氦气冷却反应池中,激光与阴离子发生光解作用,将同量异位素负离子变成中性粒子而得以排除,同时被测量的核素不受激光的影响。本发明所述装置和方法不受离子质量数大小的限制,能够实现多核素的加速器质谱高灵敏度测定。



1. 一种排除同量异位素的激光光解装置,其特征在于,所述装置包括用于引出阴离子束的离子源、用于产生激光束的激光发生器、射频四极杆(1)以及氦气冷却反应池(2),所述氦气冷却反应池(2)置于所述射频四极杆(1)中间区域中;

所述激光发生器产生的激光束能量高于干扰的同量异位素的电子亲合势,同时又小于被测核素的电子亲合势;

在所述射频四极杆(1)的两端分别设置有入射狭缝(3)和出射狭缝(4),阴离子束和激光束从所述入射狭缝(3)射入所述射频四极杆(1)中,从所述出射狭缝(4)射出;

在所述入射狭缝(3)前端设置有减速电极(5),在所述出射狭缝(4)后端设置有加速电极(6),所述阴离子束经过所述减速电极(5)被减速,经过所述加速电极(6)被加速;

所述射频四极杆(1)、减速电极(5)和加速电极(6)均置于管道(8)中,在所述管道(8)上对应所述射频四极杆(1)中部的的位置设置有氦气进气口,微量氦气通过所述氦气进气口进入所述氦气冷却反应池(2)中。

2. 根据权利要求1所述的排除同量异位素的激光光解装置,其特征在于,所述装置放置在真空室中。

3. 根据权利要求2所述的排除同量异位素的激光光解装置,其特征在于,所述激光束的波长为532nm,对应能量为2.33eV。

4. 根据权利要求3所述的排除同量异位素的激光光解装置,其特征在于,所述管道(8)上还设置有多台分子泵(7),通过所述分子泵(7)将所述管道(8)中的氦气抽出,使氦气在所述射频四极杆(1)区域达到动态平衡。

5. 根据权利要求4所述的排除同量异位素的激光光解装置,其特征在于,多个所述分子泵(7)分别位于所述管道(8)上对应所述射频四极杆(1)中部的的位置、所述减速电极(5)附近和所述加速电极(6)附近。

6. 使用权利要求1-5任一项所述装置的排除同量异位素的激光光解方法,包括以下步骤:

S1、将所述装置置于真空室中;

S2、将微量氦气从管道中部的氦气进气口送入氦气冷却反应池,用三台分子泵将氦气抽出,使氦气在射频四极杆区域达到动态平衡;

S3、给所述射频四极杆加上射频电压;

S4、将离子源引出的阴离子束送入所述射频四极杆中;

S5、利用减速电极将所述阴离子束的能量降低到50eV以下;

S6、将波长为532nm的激光束从入射狭缝照进所述氦气冷却反应池;

S7、在所述氦气冷却反应池中,激光与阴离子发生光解作用,将同量异位素负离子变成中性粒子而得以排除,同时被测量的核素不受激光的影响;

S8、从所述氦气冷却反应池出来的阴离子束经加速电极后将能量再加速到离子束的原始能量级。

一种用于排除同量异位素的激光光解装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于放射性核素灵敏度测量技术领域，具体为一种排除同量异位素的激光光解装置及方法。

背景技术

[0002] 加速器质谱 (AMS) 是测量长寿命放射性核素灵敏度最高的分析技术，而限制其测量灵敏度的最主要因素就是被测核素的同量异位素干扰。为了排除同量异位素干扰，通常方法就是提高离子能量从而采用探测器的同量异位素鉴别技术实现同量异位素的排除。但此种方法不仅需要加速器的电压高，同时仅对于质量数小于40的轻质量核素有效，而对于更大质量核素这种方法的有效性就受到很大限制，无法实现核素的高灵敏分析，因此加速器质谱的应用就受到很大限制。

发明内容

[0003] 为解决现有技术存在的缺陷，本发明的目的在于提供一种用于排除同量异位素的激光光解装置及方法，该装置和方法不受离子质量数大小的限制，能够实现多核素的加速器质谱高灵敏度测定。

[0004] 为达到以上目的，本发明采用的一种技术方案是：

[0005] 一种排除同量异位素的激光光解装置，包括用于引出阴离子束的离子源、用于产生激光束的激光发生器、射频四极杆以及氦气冷却反应池，所述氦气冷却反应池位于所述射频四极杆中间区域中；

[0006] 所述激光发生器产生的激光束能量高于干扰的同量异位素的电子亲合势，同时又小于被测核素的电子亲合势；

[0007] 在所述射频四极杆的两端分别设置有入射狭缝和出射狭缝，阴离子束和激光束从所述入射狭缝射入所述射频四极杆中，从所述出射狭缝射出；

[0008] 在所述入射狭缝前端设置有减速电极，在所述出射狭缝后端设置有加速电极，所述阴离子束经过所述减速电极被减速，经过所述加速电极被加速；

[0009] 所述射频四极杆、减速电极和加速电极均置于管道中，在所述管道上对应所述射频四极杆中部的位置设置有氦气进气口，微量氦气通过所述氦气进气口进入所述氦气冷却反应池中。

[0010] 进一步，如上所述的排除同量异位素的激光光解装置，所述装置放置在真空室中。

[0011] 进一步，如上所述的排除同量异位素的激光光解装置，所述激光束的波长为532nm，对应能量为2.33eV。

[0012] 进一步，如上所述的排除同量异位素的激光光解装置，所述管道上还设置有多分子泵，通过所述分子泵将所述管道中的氦气抽出，使氦气在所述射频四极杆区域达到动态平衡。

[0013] 再进一步，如上所述的排除同量异位素的激光光解装置，多个所述分子泵分别位

于所述管道上对应所述射频四极杆中部的的位置、所述减速电极附近和所述加速电极附近。

[0014] 基于上述排除同量异位素的激光光解装置,本发明提供了一种排除同量异位素的激光光解方法,包括以下步骤:

[0015] S1、将所述激光光解装置置于真空室中;

[0016] S2、将微量氦气从管道中部的氦气进气口送入氦气冷却反应池,用三台分子泵将氦气抽出,使氦气在射频四极杆区域达到动态平衡;

[0017] S3、给所述射频四极杆加上射频电压;

[0018] S4、将离子源引出的阴离子束送入所述射频四极杆中;

[0019] S5、利用减速电极将所述离子束能量降低到50eV以下;

[0020] S6、将波长为532nm的激光束从入射狭缝照进所述氦气冷却反应池;

[0021] S7、在所述氦气冷却反应池中,激光与阴离子发生光解作用,将同量异位素负离子变成中性粒子而得以排除,同时被测量的核素不受激光的影响;

[0022] S8、从所述氦气冷却反应池出来的阴离子束经加速电极后将能量再加速到离子束的原能量级。

[0023] 采用本发明提供的排除同量异位素的激光光解装置及方法,具有以下显著的技术效果:

[0024] 1、不用大型加速器仅采用激光技术就可以排除同量异位素干扰;

[0025] 2、具有普适性,不管对于重核素还是轻核素均可使用,避免了气体探测器鉴别同量异位素时只对轻核素有效,而对重核素无效的难题;

[0026] 3、结合小型加速器质谱装置,可实现小型化加速器质谱的全核素测定,为加速器质谱的小型化提供了一条切实可行的技术路线,也为基于加速器质谱的多领域应用奠定基础。

附图说明

[0027] 图1是本发明具体实施方式中提供的用于排除同量异位素的激光光解装置的结构示意图;

[0028] 图2是本发明具体实施方式中提供的用于排除同量异位素的激光光解方法流程图;

[0029] 图1中,1-射频四极杆;2-氦气冷却反应池;3-入射狭缝;4-出射狭缝;5-减速电极;6-加速电极;7-分子泵;8-管道。

具体实施方式

[0030] 下面结合具体的实施例与说明书附图对本发明进行进一步的描述。

[0031] 本发明提供的用于排除同量异位素的激光光解方法的核心思想是:

[0032] 在加速器质谱测量中,一般从离子源引出阴离子,而阴离子形成的多少与原子离子或分子离子的电子亲合势有关。本发明采用一束一定能量的激光作用于这些阴离子束上,这束激光的能量(波长532nm对应2.33eV)正好高于干扰的同量异位素的电子亲合势(如 $^{36}\text{S}^-$ 的电子亲合势2.08eV),同时又小于被测核素的电子亲合势(如 $^{36}\text{Cl}^-$ 的电子亲合势3.61eV),在这种情况下,激光就可以将同量异位素的电子光解掉,从而使其变成中性离子,

而被测核素不受影响,由此实现同量异位素本底的排除。

[0033] 阴离子光解的公式为 $N = N_0 e^{-\Phi \sigma t}$, 其中 N_0 为起始阴离子数, Φ 为激光的光子强度, σ 为阴离子的光解截面, t 为光子与阴离子的作用时间。通常情况下激光的光子流强约为 $10^{21} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, 而阴离子的光解截面约为 10^{-17}cm^2 , 因此在反应时间 t 为几百微秒后就可将同量异位素本底压低8-10个量级。但是, 通常在加速器质谱测量中, 阴离子的能量大约为30keV, 在此能量下阴离子飞行速度过快, 使得激光与阴离子作用时间很短(纳秒)。因此, 为了增加反应时间, 本发明采用将粒子进行减速, 并采用氦气冷却池对粒子进行进一步减速的方法将粒子能量降到50eV以下, 同时为了对粒子进行约束提高粒子的传输效率, 将氦气冷却池置于射频四极杆中。

[0034] 基于上述思想, 本发明提供了一种用于排除同量异位素的激光光解装置, 具体结构如图1所示, 该装置包括用于引出阴离子束的离子源、用于产生激光束的激光发生器和射频四极杆1, 氦气冷却反应池2置于射频四极杆1中间区域中; 在射频四极杆1的两端分别设置有入射狭缝3和出射狭缝4, 阴离子束和激光束从入射狭缝3射入射频四极杆1中, 从出射狭缝4射出; 在入射狭缝3前端设置有减速电极5, 在出射狭缝4后端设置有加速电极6; 射频四极杆1、减速电极5和加速电极6均置于管道8中, 在管道8上对应射频四极杆1中部的的位置设置有氦气进气口, 微量氦气通过氦气进气口进入氦气冷却反应池2。

[0035] 整个装置放置在真空室中。当射频四极杆1加上射频电压后, 从离子源引出的阴离子束沿射频四极杆1的中轴线方向经过减速电极5减速后从入射狭缝3中间射入射频四极杆1中, 并在氦气冷却反应池2中进一步减速, 将粒子能量降到50eV以下; 同时, 激光发生器产生的激光束从入射狭缝3中间射入氦气冷却反应池2中; 在氦气冷却反应池2中, 激光束与阴离子发生光解反应, 因激光能量高于同量异位素的电子结合能, 从而将同量异位素阴离子的电子从阴离子中剥离出来从而变成中性粒子而得以排除, 而被测的核素因为电子结合能大于激光能量不受激光影响, 仍为阴离子, 由此实现同量异位素本底的排除; 从出射狭缝4射出的阴离子束再被加速电极6加速到能量约几十keV。

[0036] 优选的, 在本实施例中, 激光束的波长选取532nm。

[0037] 优选的, 在本实施例中, 在管道8上还设置有多台分子泵7, 通过分子泵7将管道8中的氦气抽出, 使氦气在射频四极杆1区域达到动态平衡。在本实施例中, 分别在管道8上对应射频四极杆1中部的的位置、减速电极5附近和加速电极6附近各设置了一个氦气出气口, 对应的, 共设置了三个分子泵7。

[0038] 基于上述装置, 本发明提供了一种排除同量异位素的激光光解方法, 方法流程图如图2所示, 包括以下步骤:

[0039] S1、将所述激光光解装置置于真空室中;

[0040] S2、将微量氦气从管道中部的氦气进气口送入氦气冷却反应池, 用三台分子泵将氦气抽出, 使氦气在射频四极杆区域达到动态平衡;

[0041] S3、给射频四极杆加上射频电压;

[0042] S4、将离子源引出的阴离子束送入射频四极杆;

[0043] S5、利用减速电极将阴离子束能量降低到50eV以下;

[0044] S6、将波长为532nm的激光束从入射狭缝照进所述氦气冷却反应池;

[0045] S7、在氦气冷却反应池中激光与阴离子作用, 将同量异位素阴离子变成中性粒子

而得以排除；

[0046] S8、从氦气冷却反应池出来的阴离子束经加速电极后将能量再加速到原能量级，约几十keV。

[0047] 由此，通过这些过程将同量异位素离子进行有效排除。

[0048] 本发明提供的排除同量异位素的激光光解装置及方法，仅采用激光技术就可以排除同量异位素的干扰；具有普适性，不管对于重核素还是轻核素均可使用，避免了气体探测器鉴别同量异位素时只对轻核素有效，而对重核素无效的难题；结合小型加速器质谱装置，可实现小型化加速器质谱的全核素测定，为加速器质谱的小型化提供了一条切实可行的技术路线，也为基于加速器质谱的多领域应用奠定基础。

[0049] 上述实施例只是对本发明的举例说明，本发明也可以以其它的特定方式或其它的特定形式实施，而不偏离本发明的要旨或本质特征。因此，描述的实施方式从任何方面来看均应视为说明性而非限定性的。本发明的范围应由附加的权利要求说明，任何与权利要求的意图和范围等效的变化也应包含在本发明的范围内。

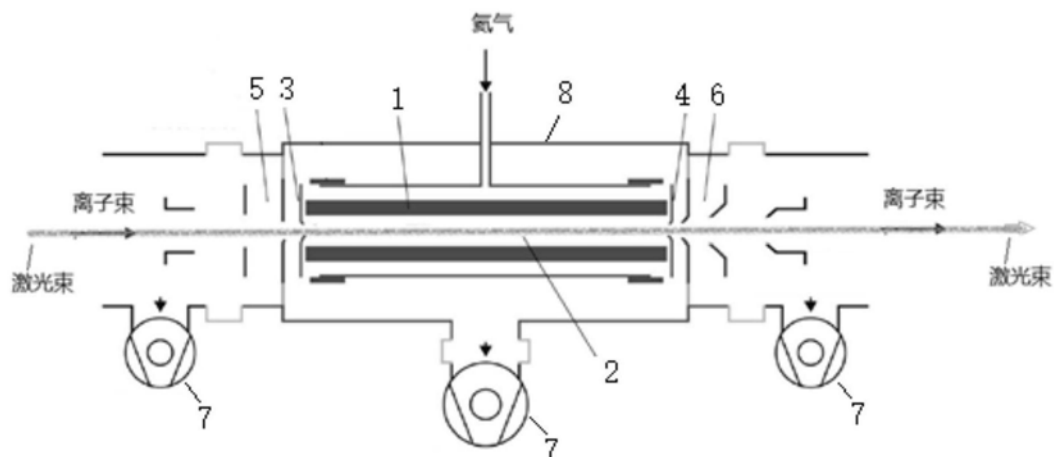


图1

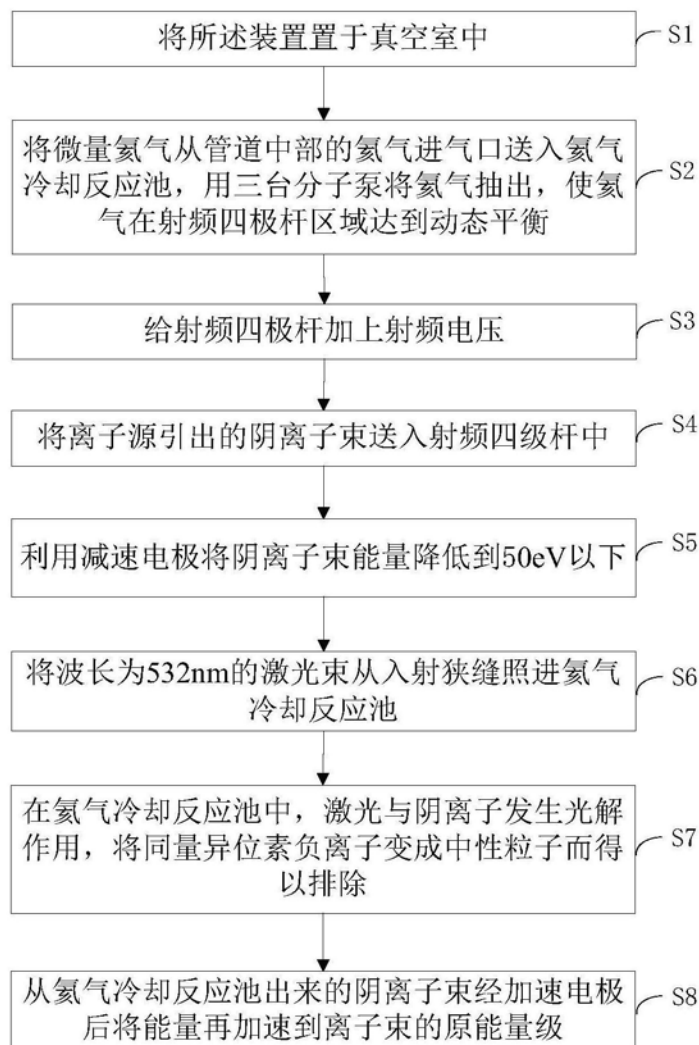


图2