



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109143311 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(21)申请号 201810567737.X

(22)申请日 2018.05.30

(71)申请人 西南大学

地址 400715 重庆市北碚区天生路2号

(72)发明人 周霞 魏源 马丹阳 李加兴

(51)Int.Cl.

G01T 1/29(2006.01)

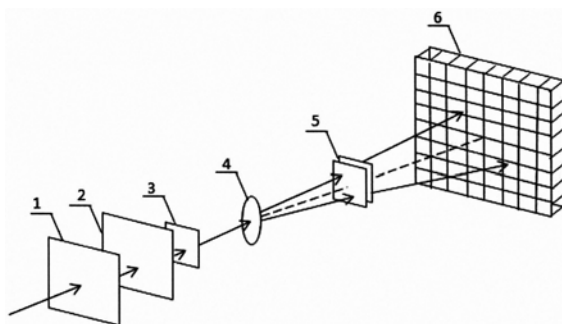
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种探测原子核内部物质结构的装置及其方法

(57)摘要

本发明属于原子核物理实验研究领域,涉及一种探测原子核内部物质结构的装置及其方法。该装置从左至右依次包括两块平行板雪崩探测器,所述的平行板雪崩探测器后装有一个硅探测器,所述的硅探测器后装有一个靶核,所述的靶核后装有两块硅微条探测器,所述的硅微条探测器后装有一个CsI晶体望远镜阵列。本发明结构简单,操作方便,利用各探测器得到的数据,经计算后可得原子核内部物质结构信息,具有准确性和可靠性。



1. 一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:包括两块平行板雪崩探测器,所述的平行板雪崩探测器后装有一个硅探测器,所述的硅探测器后装有一个靶核,所述的靶核后装有两块硅微条探测器,所述的硅微条探测器后装有一个CsI晶体望远镜阵列。

2. 根据权利要求1所述的一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:所述的两块平行板雪崩探测器双维位置灵敏。

3. 根据权利要求2所述的一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:所述的硅探测器与平行板雪崩探测器平行且几何中心在同一条直线上。

4. 根据权利要求3所述的一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:所述的靶核材料可以根据所测量粒子种类进行选择,厚度也可以根据所测量粒子种类进行选择,与硅探测器平行且几何中心在同一条直线上。

5. 根据权利要求4所述的一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:所述的两块硅微条探测器相互垂直,能够覆盖不同的发射角,与靶核的几何中心在同一条直线上。

6. 根据权利要求5所述的一种探测原子核内部物质结构的装置,其特征在于:所述的CsI晶体望远镜阵列为立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数)阵列,根据所研究核的种类不同,调整与靶核的距离,使得能够覆盖不同的发射角,与靶核平行且几何中心在同一条直线上。

7. 一种权利要求1所述的探测原子核内部物质结构的方法,其特征在于按照以下步骤进行:

(1) 根据物理目标,选择要研究的原子核作为入射束流,进入权利要求1所述的一种探测原子核内部物质结构的装置。

(2) 所选择的原子核束流进入两块平行板雪崩探测器后,可得出束流中每个粒子的运动方向。

(3) 所选择的原子核束流飞出平行板雪崩探测器后进入硅探测器,可得出能量损失 ΔE 信号,结合粒子的飞行时间谱进行束流在靶核前的粒子鉴别,可以鉴别出原子核束流中的不同粒子。

(4) 用鉴别出的原子核束流,打击靶核,当入射束流中的部分粒子和靶核碰撞时,有一定的反应几率被布局到具有结团结构的激发态,发生破裂反应。破裂的反应过程可表述为: $P+T \rightarrow B^*+3, B^* \rightarrow 1+2$ 。其中,P代表了炮弹核,T代表了靶核,B代表目标核,1、2、3分别代表了3种末态粒子。

(5) 破裂产物集中在前角区,利用硅微条探测器和CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数)阵列测出它们碎片的能损 ΔE -能量 E 谱,并分辨出各碎片的种类。

(6) 利用得到的出射碎片的质量、能量和发射角等信息,可以计算出破裂产物1、2的动量,重建 B^* 核子集团衰变阈附近的激发能谱。 B^* 的激发能 $E_X(B^*)$ 可表示为:

$$E_X(B^*) = E_{rel} + Q = E_{rel} + (m_1 + m_2 - m) c^2$$

其中 E_{rel} 是相对运动的能量,Q是两体破裂反应中系统质量亏损并转换放出的结合能。 E_{rel} 可以表示为:

$$E_{rel} = \frac{1}{2} \mu u_{rel}^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \times (u_1^2 + u_2^2 - 2u_1 u_2 \cos \theta)$$

$$= \frac{1}{m_1 + m_2} (m_1 E_2 + m_2 E_1 - 2\sqrt{m_1 m_2} E_1 E_2 \cos \theta)$$

式中, μ 是破裂碎片1、2的约化质量, u_{rel} 是碎片1和2的相对运动速度, u_1, u_2, θ 分别是其速度及其夹角。通过测量破裂碎片的能量 (E_1, E_2) 和其夹角 (θ) 的测量, 通过上面两个公式就能重构入射粒子破裂前的激发能谱。

(7) 利用得到的入射粒子的激发能谱就可以推得该粒子的内部物质结构。

一种探测原子核内部物质结构的装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于原子核物理领域,涉及一种物理实验装置及方法,具体涉及一种探测原子核内部物质结构的装置及其方法。

背景技术

[0002] 中子核反应技术的应用使原子核结团结构的研究有了一定突破。基于中子核反应,实验中入射粒子和靶核碰撞后发生碎裂反应,用探测器测量碎裂产物,通过对碎裂产物反推可以重建碎裂前的激发能谱,激发能同原子核的结合能大小可以相提并论,从而得到核的结团结构。但是中子的产生和测量实验局限性很大,能量越大,得到的碎裂产物越精细,所以通过实验无法得到原子核的精确结构,因此不能对建立的核结构理论进行有效的实验验证。

发明内容

[0003] 根据以上现有技术的不足,本发明目的在于提供一种探测原子核内部物质结构的装置及其方法,具有实验装置结构简单,操作方便,计算方便,实验结果准确等特点。

[0004] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0005] 提供一种探测原子核内部物质结构的装置,包括两块平行板雪崩探测器,所述的平行板雪崩探测器后装有一个硅探测器,所述的硅探测器后装有一个靶核,所述的靶核后装有两块硅微条探测器,所述的硅微条探测器后装有一个CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数)阵列。

[0006] 进一步,所述的两块平行板雪崩探测器双维位置灵敏。

[0007] 进一步,所述的硅探测器与平行板雪崩探测器平行且几何中心在同一条直线上。

[0008] 进一步,所述的靶核材料可以根据所测量粒子种类进行选择,厚度也可以根据所测量粒子种类进行选择,与硅探测器平行且几何中心在同一条直线上。

[0009] 进一步,所述的两块硅微条探测器相互垂直,可以根据需要调整与靶核的距离来获得不同的发射角,与靶核的几何中心在同一条直线上。

[0010] 进一步,所述的CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数)阵列,根据测量内容的不同可以选择单元的多少,同时可以调整与靶核的距离,获得能够覆盖实验所需的立体发射角,与靶核平行且几何中心在同一条直线上。

[0011] 本发明所述的探测原子核内部物质结构的方法,其特征在于按照以下步骤进行:

[0012] (1) 根据物理目标,选择要研究的原子核作为入射束流,进入权利要求1所述的一种探测原子核内部物质结构的装置。

[0013] (2) 所选择的原子核束流进入两块平行板雪崩探测器后,可得出入射原子核束流中每个粒子的运动方向。

[0014] (3) 所选择的原子核束流飞出平行板雪崩探测器后进入硅探测器,可得出能量损失 ΔE 信号,结合粒子的飞行时间谱进行束流在靶核前的粒子鉴别,可以鉴别出原子核束

流中的不同 粒子。

[0015] (4) 用鉴别出的原子核束流, 打击靶核, 当束流中的某些原子核粒子和靶核碰撞时, 有一定的反应几率被布局到具有结团结构的激发态, 发生破裂反应。破裂的反应过程可表述为: $P+T \rightarrow B^*+3$, $B^* \rightarrow 1+2$ 。其中, P代表了炮弹核, T代表了靶核, B代表目标核, 1、2、3分别代表了3种末态粒子。

[0016] (5) 破裂产物集中在前角区, 利用硅微条探测器和CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数) 阵列测出它们碎片的能损 ΔE -能量E谱, 并分辨出各碎片的种类。

[0017] (6) 利用得到的出射碎片的质量、能量和发射角等信息, 可以计算出破裂产物1、2的动量, 重建 B^* 核子集团衰变阈附近的激发能谱。 B^* 的激发能 $E_x(B^*)$ 可表示为:

$$[0018] \quad E_x(B^*) = E_{rel} + Q = E_{rel} + (m_1 + m_2 - m) c^2$$

[0019] 其中 E_{rel} 是相对运动的能量, Q是两体破裂反应中系统质量亏损并转换放出的结合能。 E_{rel} 可以表示为:

$$[0020] \quad E_{rel} = \frac{1}{2} \mu u_{rel}^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \times (u_1^2 + u_2^2 - 2u_1 u_2 \cos \theta)$$

$$= \frac{1}{m_1 + m_2} (m_1 E_2 + m_2 E_1 - 2\sqrt{m_1 m_2 E_1 E_2} \cos \theta)$$

[0021] 式中, μ 是破裂碎片1、2的约化质量, u_{rel} 是碎片1和2的相对运动速度, u_1, u_2, θ 分别是其速度及其夹角。通过测量破裂碎片的能量(E_1, E_2)和其夹角(θ)的测量, 通过上面两个公式就能重构入射原子核束流破裂前的激发能谱。

[0022] (7) 利用得到的入射原子核束流的激发能谱就可以推得入射原子核束流的内部物质结构。

[0023] 本发明所具有的优点如下: (1) 与传统装置相比结构简单, 利用实验室现有的器材组件可以轻易组装搭配, 大大降低了成本; (2) 利用CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数) 阵列得到每个碎片的具体坐标位置, 最终得到的数据更多, 更具有普遍性; (3) 可以用来探测各种原子核内部物质结构, 没有局限性; (4) 实验结果与理论值相比误差较小, 具有准确性和可靠性。

附图说明

[0024] 图1是本发明一种探测原子核内部物质结构的装置的结构示意图。

[0025] 图中:

[0026] 1-平行板雪崩探测器 2-平行板雪崩探测器 3-硅探测器

[0027] 4-靶核 5-硅微条探测器 6-CsI晶体望远镜阵列

图2为通过 $^{12}\text{C}(^{17}\text{C}, ^8\text{Li})^9\text{Li}$ 反应道重构的 ^{17}C 激发能谱。

具体实施方式

[0028] 下面将结合附图, 对本发明的具体实施方式作进一步详细的描述。

[0029] 实施例一:

[0030] 如图1所示, 一种探测原子核内部物质结构的装置, 包括两块平行板雪崩探测器1和2, 所述的平行板雪崩探测器1和2后装有一个硅探测器3, 所述的硅探测器3后装有一个

靶核4, 所述的靶核4后装有两块硅微条探测器5, 所述的硅微条探测器5后装有一个CsI晶体望远镜 镜阵列6。

[0031] 所述的两块平行板雪崩探测器1和2双维位置灵敏, 准确得出入射原子核束流中粒子的 发射方向。

[0032] 所述的硅探测器3与平行板雪崩探测器1和2平行且几何中心在同一条直线上, 准确进 行入射原子核束流中每个粒子在靶核4前的粒子鉴别。

[0033] 所述的靶核4材料可以根据所测量粒子种类进行选择, 厚度也可以根据所测量粒 子种类 进行选择, 与硅探测器3平行且几何中心在同一条直线上, 入射原子核束流中的每 个粒子与 靶核4充分接触。

[0034] 所述的两块硅微条探测器5相互垂直, 可以根据需要调整与靶核4的距离来获得不 同的 发射角, 与靶核4的几何中心在同一条直线上。获取更多碎片的能谱信息。

[0035] 所述的CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数) 阵列6, 根据测量内容的 不同可以选择单元的多少, 同时可以调整与靶核4的距离, 获得能够覆盖实验所需的立体发射 角, 与靶核4平行且几何中心在同一条直线上, 方便直接读出每个碎片的具体坐标位置, 不 用再额外使用工具测量。

[0036] 实施例二:

[0037] 采用实施例一所述的装置探测原子核内部物质结构, 按照以下步骤进行:

[0038] (1) 根据物理目标, 选择要研究的原子核作为入射束流, 进入权利要求1所述的一 种探测 原子核内部物质结构的装置。

[0039] (2) 所选择的原子核束流进入两块平行板雪崩探测器1和2后, 可得出入射原子核 束流中 每个粒子的运动方向。

[0040] (3) 所选择的原子核束流飞出平行板雪崩探测器1和2后进入硅探测器3, 可得出能 量损 失 ΔE 信号, 结合粒子的飞行时间谱进行束流在靶核4前的粒子鉴别, 可以鉴别出原子 核束 流中的不同粒子。

[0041] (4) 用鉴别出的原子核束流, 打击靶核4, 当束流中的某些原子核粒子和靶核4碰撞 时, 有一定的反应几率被布局到具有结团结构的激发态, 发生破裂反应。破裂的反应过程 可表述 为: $P+T \rightarrow B^*+3$, $B^* \rightarrow 1+2$ 。其中, P代表了炮弹核, T代表了靶核, B代表目标核, 1、2、3 分别代表了3种末态粒子。

[0042] (5) 破裂产物集中在前角区, 利用硅微条探测器5和CsI晶体望远镜立体多单元 $m \times n$ (m, n 为正整数) 阵列6测出它们碎片的能损 ΔE -能量E谱, 并分辨出各碎片的种类。

[0043] (6) 利用得到的出射碎片的质量、能量和发射角等信息, 可以计算出破裂产物1、2 的动 量, 重建 B^* 核子集团衰变阈附近的激发能谱。 B^* 的激发能 $E_x(B^*)$ 可表示为:

$$[0044] \quad E_x(B^*) = E_{rel} + Q = E_{rel} + (m_1 + m_2 - m) c^2$$

[0045] 其中 E_{rel} 是相对运动的能量, Q是两体破裂反应中系统质量亏损并转换放出的结合 能。 E_{rel} 可以表示为:

$$[0046] \quad E_{rel} = \frac{1}{2} \mu u_{rel}^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \times (u_1^2 + u_2^2 - 2u_1 u_2 \cos \theta)$$

$$= \frac{1}{m_1 + m_2} (m_1 E_2 + m_2 E_1 - 2\sqrt{m_1 m_2 E_1 E_2} \cos \theta)$$

[0047] 式中, μ 是破裂碎片1、2的约化质量, u_{rel} 是碎片1和2的相对运动速度, u_1, u_2, θ 分别是其速度及其夹角。通过测量破裂碎片的能量(E_1, E_2)和其夹角(θ)的测量,通过上面两个公式就能重构入射原子核束流破裂前的激发能谱。

[0048] (7)利用得到的入射原子核束流的激发能谱就可以推得入射原子核束流的内部物质结构。

[0049] 实施例三:

[0050] 采用实施例一的装置和实施例二的方法,以Be靶为靶核,测量 ^{17}C 原子能内部物质结构,得到 ^{17}C 破裂前的激发能谱如图2所示。

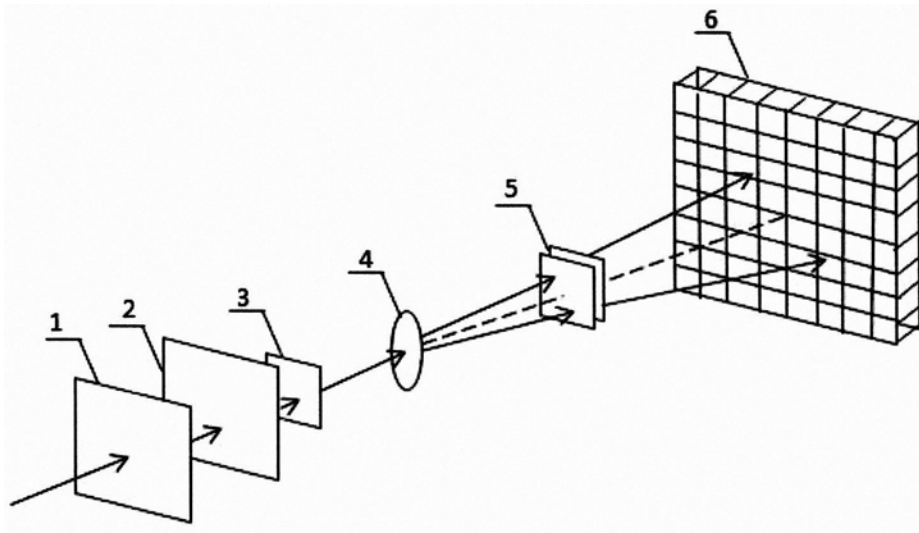


图1

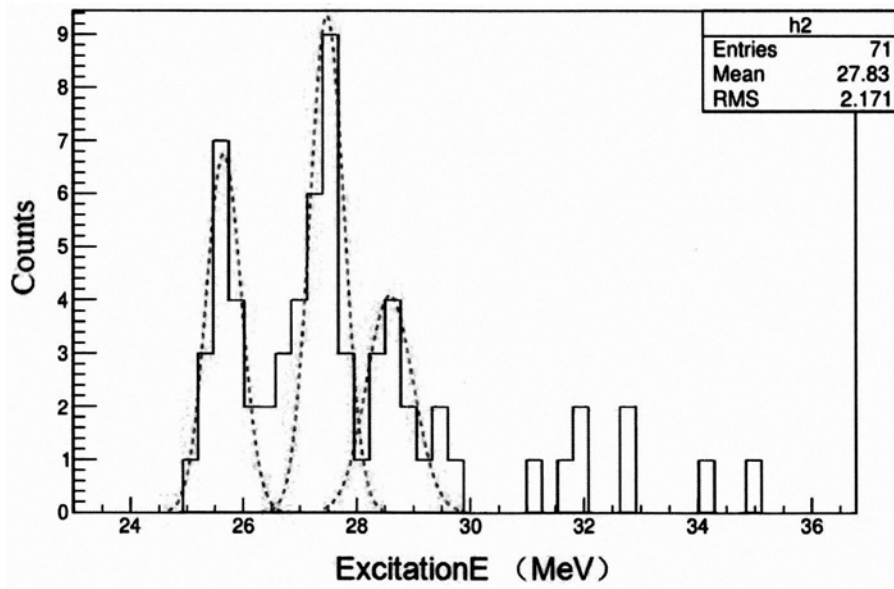


图2