



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106385757 A

(43)申请公布日 2017.02.08

(21)申请号 201610828224.0

(22)申请日 2016.09.18

(71)申请人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 王宏伟 胡瑞荣 曹云 林作康
黄建平 张桂林 蔡翔舟 陈金根
刘龙祥

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪

(51)Int.Cl.

H05H 6/00(2006.01)

H05H 3/06(2006.01)

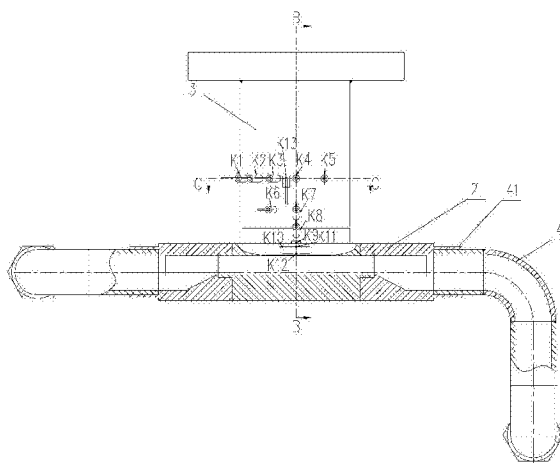
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种中子产生靶

(57)摘要

本发明公开了一种中子产生靶,包括位于真空中的靶体,其还包括用于检测靶体温度的温度传感器以及冷却系统,以基于该温度传感器检测到的靶体温度监控靶体入射表面束斑位置和/或靶体温度。本发明通过用于检测靶体入射表面上一点或多点温度的温度传感器检测入射表面上一点或多点的温度,通过入射表面上一点或多点的温度的变化判断束斑位置并加以控制,从而实现束斑监控的功能;可以通过用于检测靶体上各点温度的温度传感器检测靶体上各点的温度,通过靶体上各点的温度的大小判断靶体温度是否超限并加以控制,从而实现温度监控的功能。本发明提供的中子产生靶可用于产生中子,同时还具有束斑监控和温度监控的功能。此外,还具有靶体冷却功能。



1. 一种中子产生靶,包括位于真空中的靶体,其特征在于,还包括:
用于检测靶体温度的温度传感器,以基于该温度传感器检测到的靶体温度监控靶体入射表面束斑位置和/或靶体温度;
用于冷却所述靶体的冷却系统,其与所述靶体连接。
2. 如权利要求1所述的中子产生靶,其特征在于,所述温度传感器检测靶体入射表面上一点或多点的温度,以判断入射表面上束斑位置。
3. 如权利要求2所述的中子产生靶,其特征在于,所述温度传感器检测靶体入射表面上沿一圆周方向均匀分布的四个点的温度。
4. 如权利要求3所述的中子产生靶,其特征在于,所述温度传感器还检测靶体入射表面上所述四个点所在圆周的圆心的温度。
5. 如权利要求1-4中任意一项所述的中子产生靶,其特征在于,所述温度传感器为热偶温度计。
6. 如权利要求1所述的中子产生靶,其特征在于,还包括可与一加速器束流真空管道直接连通连接的腔体,所述靶体位于该腔体中,通过该腔体与加速器束流真空管道的连通连接在靶体周围形成真空。
7. 如权利要求6所述的中子产生靶,其特征在于,所述冷却系统包括冷却座,该冷却座与靶体连接,该冷却座还与一腔体管路连接,并与该腔体管路形成所述腔体。
8. 如权利要求7所述的中子产生靶,其特征在于,所述冷却系统还包括与冷却座连接的冷却水管,所述冷却座与冷却水管之间通过快卸法兰连接。
9. 如权利要求7或8所述的中子产生靶,其特征在于,所述冷却座具有散热片。
10. 如权利要求7所述的中子产生靶,其特征在于,还包括用于检测所述冷却座温度的温度传感器。
11. 如权利要求7所述的中子产生靶,其特征在于,所述腔体管路材料为不锈钢,壁厚为5mm。
12. 如权利要求1所述的中子产生靶,其特征在于,所述靶体的材料为钨。

一种中子产生靶

技术领域

[0001] 本发明涉及中子物理及中子源应用领域,尤其涉及一种中子产生靶。

背景技术

[0002] 光中子源实验利用中子飞行时间法精确测量中子能量,开展较宽能量范围内中子核数据截面的测量。中子的产生通常是通过电子束轰击中子产生靶(例如重金属钨靶)产生韧致辐射光子,然后通过光中子反应获得高能中子,高能中子经过慢化以后可以得到0.025eV到MeV范围内的连续中子谱,因此又称为电子加速器驱动的光中子源。

[0003] 中子产生靶工作时,通常需要监控电子束在靶体上的束斑位置,以及测量靶体温度。然而由于靶体周围为高剂量辐射以及真空区域,光成像摄像头无法长期工作,如何有效实现束斑监控和温度监控成为亟待解决的问题。此外,高功率电子束轰击钨靶后在靶中沉积大量的能量,必须要对高温靶体进行冷却,避免熔化事故;同时高温靶体要与冷却水隔离,避免高温下的化学反应。

[0004] 基于上述需求,期望得到一种中子产生靶,该中子产生靶可用于接受电子束的轰击以产生中子,同时还具有束斑监控和温度监控的功能。此外,还必须具有靶体冷却功能。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种中子产生靶,该中子产生靶可用于接受电子束的轰击以产生中子,同时还具有束斑监控和温度监控的功能。此外,还具有靶体冷却功能。

[0006] 根据上述发明目的,本发明提出了一种中子产生靶,包括位于真空中的靶体,其还包括:

[0007] 用于检测靶体温度的温度传感器,以基于该温度传感器检测到的靶体温度,监控靶体入射表面束斑位置和/或靶体温度;

[0008] 用于冷却所述靶体的冷却系统,其与所述靶体连接。

[0009] 本发明所述的中子产生靶,由于其位于真空中,且通常采用重金属材料制作(例如钨),因此其可用于接受电子束的轰击以产生中子。同时,由于其还包括用于检测靶体温度的温度传感器,其中可以通过用于检测靶体入射表面上一点或多点温度的温度传感器检测入射表面上一点或多点的温度,通过入射表面上一点或多点的温度的变化判断束斑位置并加以控制,从而实现束斑监控的功能;可以通过用于检测靶体上各点温度的温度传感器检测靶体上各点的温度,通过靶体上各点的温度的大小判断靶体温度是否超限并加以控制,从而实现温度监控的功能。此外,通过设置与靶体连接的用于冷却靶体的冷却系统,使得本发明的中子产生靶具有靶体冷却功能,可配合实现靶体的温度控制,避免靶体熔化事故。

[0010] 本发明以温度传感器取代光成像摄像头,解决了靶体周围的高剂量辐射以及真空区域中光成像摄像头无法长期工作的问题。同时,温度监控功能可以避免靶体熔化事故。

[0011] 进一步地,本发明所述的中子产生靶中,所述温度传感器检测靶体入射表面上一点或多点的温度,以判断入射表面上束斑位置。

[0012] 上述方案中,判断入射表面上束斑位置的原理是:当束斑靠近某温度检测点时,该检测点的温度将以满足一定规律的变化率升高,当束斑远离某温度检测点时,该检测点的温度将以满足一定规律的变化率降低。因此,可以根据几何和微积分等数学手段实时判断入射表面上束斑位置并加以控制。

[0013] 更进一步地,上述中子产生靶中,所述温度传感器检测靶体入射表面上沿一圆周方向均匀分布的四个点的温度。

[0014] 更进一步地,上述中子产生靶中,所述温度传感器还检测靶体入射表面上所述四个点所在圆周的圆心的温度。

[0015] 进一步地,本发明所述的中子产生靶中,所述温度传感器为热偶温度计。

[0016] 上述方案中,以检测靶体入射表面上沿一圆周方向均匀分布的四个点的四只热偶温度计检测的温度值作为束斑位置的判断依据,束斑偏向的一侧的热偶温度计检测的温度值会显著高于其它位置的热偶温度计检测的温度值。束斑集中在所述四个点所在圆周的圆心(该圆心通常是靶体入射表面的靶心)时,圆周方向上的四只热偶温度计检测的温度值差别很小,而此时检测所述圆心的热偶温度计检测的温度值会达到较高的水平。束斑偏离圆心一点,检测所述圆心的热偶温度计检测的温度值迅速降低,灵敏度很高。基于该方案可以实现用靶体入射表面多点温度作为判断束斑偏离中心位置的直观参数,通过检测所述圆心的热偶温度计监测束斑聚焦程度,通过圆周方向上的四只热偶温度计共同完成多束斑的监控。

[0017] 进一步地,本发明所述的中子产生靶还包括可与一加速器束流真空管道直接连通连接的腔体,所述靶体位于该腔体中,通过该腔体与加速器束流真空管道的连通连接在靶体周围形成真空。

[0018] 上述方案中,通过靶体所位于的腔体和加速器束流真空管道连接,减少了电子出射窗口和真空设备。

[0019] 更进一步地,上述中子产生靶中,所述冷却系统包括冷却座,该冷却座与靶体连接,该冷却座还与一腔体管路连接,并与该腔体管路形成所述腔体。

[0020] 更进一步地,上述中子产生靶中,所述冷却系统还包括与冷却座连接的冷却水管,所述冷却座与冷却水管之间通过快卸法兰连接。

[0021] 上述方案中,所述快卸法兰连接使得可以快速拆卸冷却水管,避免工作人员长时间处于高剂量辐射下。此外,该方案可以避免冷却水与靶体直接接触,形成独立的冷却水循环通路。

[0022] 更进一步地,上述中子产生靶中,所述冷却座具有散热片。

[0023] 上述方案中,通过所述散热片提高快速散热能力。

[0024] 更进一步地,上述中子产生靶还包括用于检测所述冷却座温度的温度传感器。

[0025] 上述方案中,通过检测所述冷却座温度,进一步配合实现靶体的温度控制,避免靶体融化事故。

[0026] 优选地,上述中子产生靶中,所述腔体管路材料为不锈钢,壁厚为5mm。

[0027] 上述方案中,所述腔体管路采用不锈钢薄壁设计,可有效降低腔体管路活化。腔体管路活化是指腔体管路在高辐射条件下,腔体管路材料会被中子,伽玛,光子等激发,或者发生核反应称为放射性核素,从而发射出放射线的现象。腔体管路材料质量越大,活化后放

出的射线越强,放射性剂量越高,人员不能接近这个腔体管路的时间就越长,影响工作效率,因此需要降低腔体管路活化。壁厚5mm是综合考虑腔体管路承受的大气压力和腔体管路的机械强度后作出的较优选择。

[0028] 优选地,本发明所述的中子产生靶中,所述靶体的材料为钨。

[0029] 上述方案中,中子通常是由高能电子和重金属靶产生韧致辐射光子及光中子反应产生的。高纯度钨靶的韧致辐射作用强、中子产额高,同时具有高的熔点和硬度、易焊接、热传导能力强等特点,是靶体材料的较优选择。

[0030] 本发明所述的中子产生靶具有以下优点和有益效果:

[0031] (1) 具有靶体束斑监控功能。

[0032] (2) 具有靶体温度监控功能和靶体冷却功能,避免靶体熔化事故。

[0033] (3) 解决了靶体周围的高剂量辐射以及真空区域中光成像摄像头无法长期工作的问题。

[0034] (4) 减少了电子出射窗口和真空设备。

[0035] (5) 满足了电子加速器驱动的白光中子源的中子产生靶的多项需求,解决了相关的物理和工程技术问题、具有较高的应用价值。

附图说明

[0036] 图1为本发明所述的中子产生靶在一种实施方式下的结构示意图。

[0037] 图2为图1的B-B向剖视图。

[0038] 图3为图1的C-C向剖视图。

具体实施方式

[0039] 下面将结合说明书附图和具体的实施例对本发明所述的中子产生靶做进一步的详细说明。

[0040] 图1示意了本发明所述的中子产生靶在一种实施方式下的结构,图2为图1的B-B向剖视图,图3为图1的C-C向剖视图。

[0041] 结合参考图1-图3,该实施方式下的中子产生靶包括位于真空中的靶体1,其还包括用于检测靶体1和冷却座2温度的热偶温度计,以及与靶体1连接的用于冷却靶体的冷却系统,该冷却系统包括冷却座2,该冷却座2与靶体1焊接,该冷却座2还与一腔体管路3焊接,并与该腔体管路3形成可与一加速器束流真空管道直接连通连接的腔体D,靶体1位于该腔体D中,通过该腔体D与加速器束流真空管道的连通连接在靶体1周围形成真空。其中,腔体管路3通过其连接端的刀口法兰31与加速器束流真空管道直接连通并且密封连接,保证了连接机械强度和真空隔离。

[0042] 其中,上述用于检测靶体1和冷却座2温度的热偶温度计穿过腔体管路3和腔体D进入靶体1中,保证了真空密封条件,热偶温度计外部接头引出信号到远程计算机监控系统中。包括用于检测靶体1入射表面A下2mm处(由于无法直接设置在入射表面A上,以此方式替代)沿一圆周方向均匀分布的四个点的热偶温度计K1、K2、K3以及K5,以及用于检测该四个点所在圆周的圆心(该实施方式中即靶体1的靶心)温度的热偶温度计K6。此外,还包括用于检测靶体1入射表面A边缘的热偶温度计K4,用于检测靶体1与冷却座2连接处附近靶体1上

的热偶温度计K7和K8,用于检测靶体1与冷却座2连接处附近冷却座2上的热偶温度计K9、K10、K11以及K12,用于检测腔体管路3上位于靶体1入射表面A所在平面上的热偶温度计K13。

[0043] 此外,上述冷却系统还包括与冷却座2连接的冷却水管4,该冷却座2与冷却水管4之间通过快卸法兰41连接,降低了拆装难度,在高辐射背景条件下会显著降低检修操作时间,避免操作人员接触过量辐射。冷却座2采用较高的热传导能力的铜制作,内部焊接多组散热片21。

[0044] 在某些优选实施方式下,腔体管路3材料为不锈钢,直径为76mm,壁厚为5mm;靶体1的材料为高纯度钨,直径60mm,厚度48mm。

[0045] 请继续结合参考图1-图3,该实施方式下的中子产生靶工作时,通过来自加速器束流真空管道的电子束轰击中子产生靶靶体1产生韧致辐射光子,然后通过光中子反应获得高能中子,高能中子经过慢化以后得到0.025eV到MeV范围内的连续中子谱。该过程中,远程计算机监控系统基于热偶温度计K1、K2、K3、K5以及K6的检测信号控制加速器束流方向,以监控电子束在靶体1上的束斑位置;此外,远程计算机监控系统还基于热偶温度计K4、K7、K8、K9、K10、K11、K12以及K13检测靶体1温度,同时,控制冷却系统对靶体1进行冷却,其中,控制冷却水循环通过冷却水管4进入冷却座2的流量,配合控制靶体1温度,避免融化事故。由于冷却座2内部为一个独立腔体,和靶体1的真空腔体D不联通,靶体1与冷却水是隔离的,从而避免高温下的化学反应。

[0046] 其中,束斑监控时,热偶温度计测量数据通过数据线传输到远程计算机监控系统界面上实时显示和记录,和冷却水的监控参数形成一个完整的监控界面。远程计算机监控系统基于热偶温度计测量电子束焦斑的对称性及温度纵向传导情况,加速器调束时,以热偶温度计K1、K2、K3、K5检测的温度值作为电子束束斑位置的判断依据,电子束偏向的一侧,温度会显著高于其它位置的温度值;束斑集中在靶心时,热偶温度计K1、K2、K3、K5检测的温度值差别小于2度,而此时基于热偶温度计K6检测的靶心温度会达到较高的温度值(例如150W时,聚焦后热偶温度计K1、K2、K3、K5检测的温度值为60度,而基于热偶温度计K6检测的靶心温度为350度,束斑偏离一点,靶心温度迅速降低,灵敏度很高),因此可以用热偶温度计K1、K2、K3、K5检测的温度值作为判断束斑偏离中心位置的直观参数,热偶温度计K6监测束斑聚焦程度,多组温度计共同完成多束斑的监控。

[0047] 本发明的中子产生靶,采用整体钨靶形式,具有中子产生,真空保持,冷却循环,温度测量,束斑监控等功能和作用,在15MeV直线电子加速器驱动的光中子源中,产生了预期的中子束,实现了设计的功能,特别是温度监控电子束斑的设计,在高辐射剂量条件下,解决了视频监控无法实施的难题。

[0048] 要注意的是,以上列举的仅为本发明的具体实施例,显然本发明不限于以上实施例,随之有着许多的类似变化。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应属于本发明的保护范围。

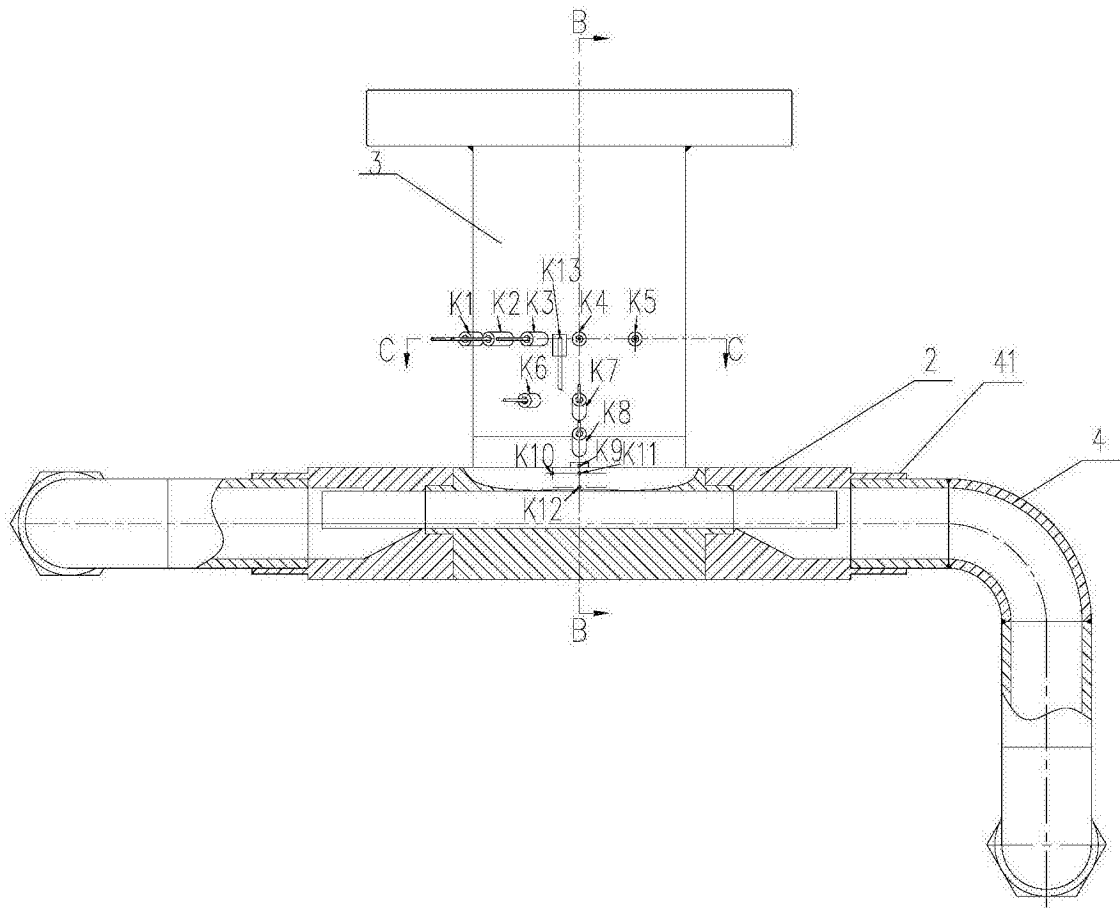


图1

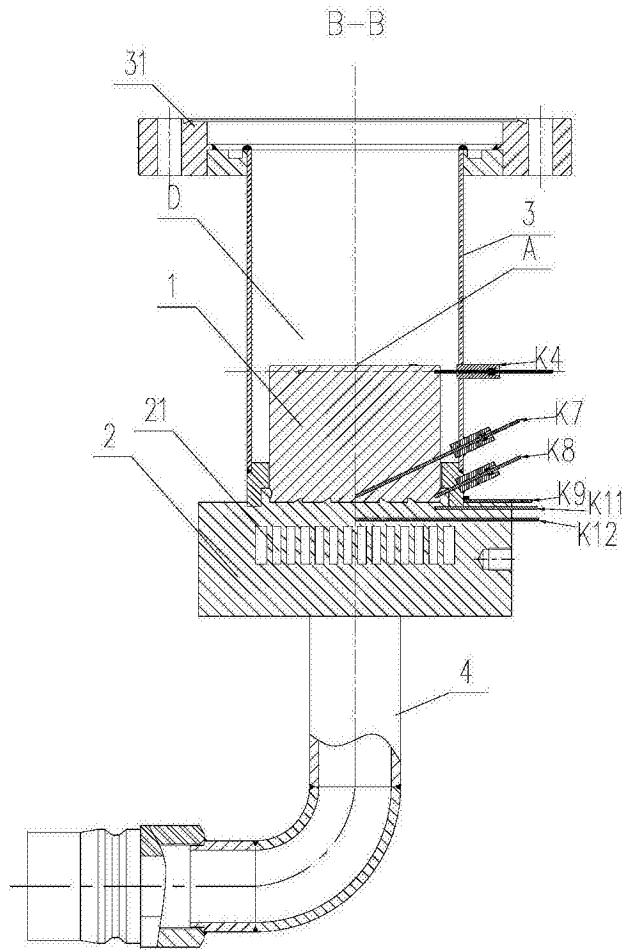


图2

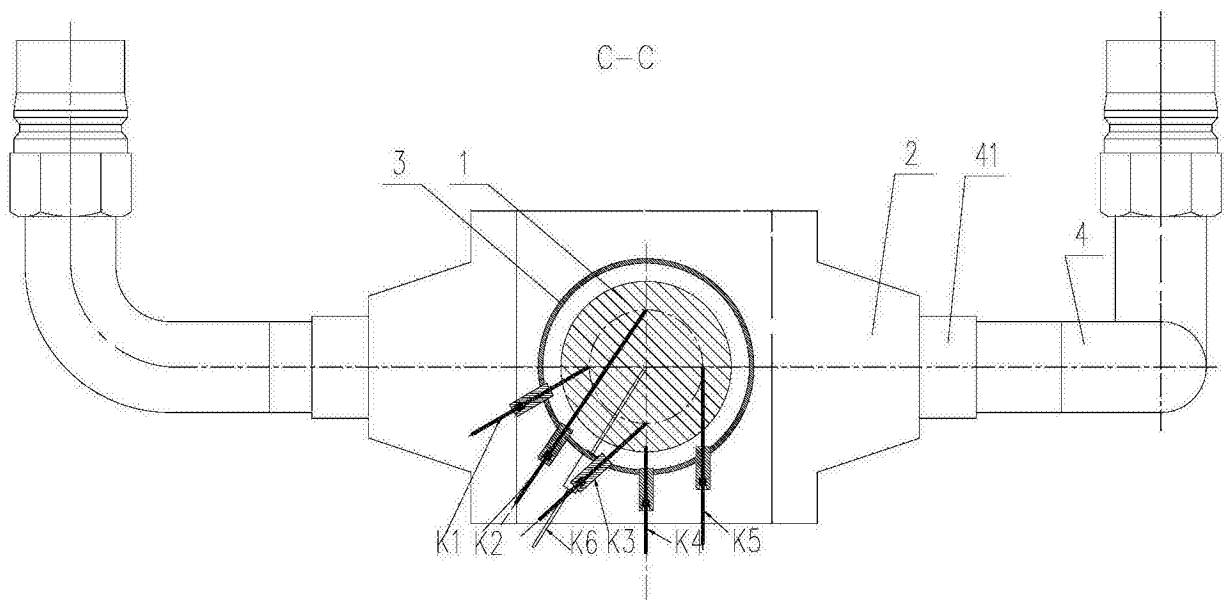


图3