



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 117769748 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 26

(21) 申请号 202180101482.8

普洛格有限责任公司

(22) 申请日 2021.12.08

(72) 发明人 阿尔乔姆·尼古拉耶维奇·费多罗夫

(30) 优先权数据

2021128446 2021.09.29 RU

亚历山大·亚历山德罗维奇·波多辛尼科夫

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.02.07

马克西姆·阿列克谢耶维奇·斯捷潘诺夫

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/RU2021/000549 2021.12.08

(74) 专利代理机构 北京市安伦律师事务所
11339

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/055251 RU 2023.04.06

专利代理师 杨永波

(71) 申请人 罗森内戈艾托姆联合股份公司

地址 俄罗斯联邦莫斯科费尔干斯卡娅25号

申请人 N.A.多列扎利动力工程科研设计院
联合股份公司

科学与创新核工业科学发展私人企业

(51) Int.Cl.

G21C 17/017 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

G01B 11/245 (2006.01)

G01B 11/27 (2006.01)

G01B 11/26 (2006.01)

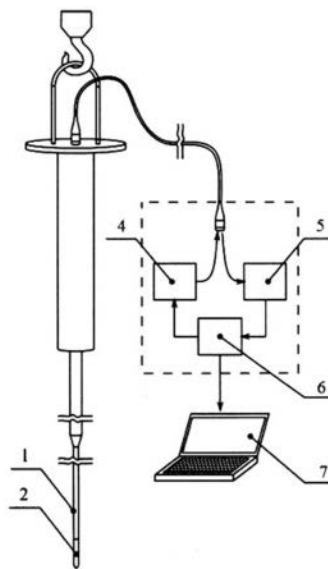
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

核反应堆工艺通道的偏转测量方法

(57) 摘要

核反应堆工艺通道的偏转测量方法该方法描述了光纤传感器的下端悬挂一个可偏转的重力摆来,沿燃料组件中心管移动带有光纤传感器的柔性空心支撑杆,并借助光电探测器和计算机固定重力摆杆上端面与连接到光电探测器并固定在传感器上的光纤线下端面之间的气体间隙中反射光信号干涉图案的偏移,当移动光纤传感器时,由于重力摆杆偏离弯曲燃料组件中心管的轴线而发生变化。根据所记录的反射光信号干涉图的偏移,记录每个光纤传感器的每条光纤线路的气体间隙变化剖面图,并根据所获得的气体间隙剖面图,计算燃料组件中心管偏离垂直轴的幅度和方向,从而判断核反应堆工艺通道是否存在偏移以及偏移的幅度。



1. 本方法包括测量核反应堆燃料组件技术通道挠度的方法,包括在固定于柔性空心支撑杆末端的燃料组件中心管内放置至少一个光纤传感器,光信号通过光纤线路连接到传感器,通过与光纤线路连接的光电探测器对反射光信号进行登记,并通过与光电探测器连接的计算机根据对光信号参数的分析确定核反应堆技术通道偏转,通过在光纤传感器的下端悬挂一个可偏转的重力摆来实现,沿燃料组件中心管移动带有光纤传感器的柔性空心支撑杆,并借助光电探测器和计算机固定重力摆杆上端面与连接到光电探测器并固定在传感器上的光纤线下端面之间的气体间隙中反射光信号干涉图案的偏移,当移动光纤传感器时,由于重力摆杆偏离弯曲燃料组件中心管的轴线而发生变化,根据所记录的反射光信号干涉图的偏移,记录每个光纤传感器每条光纤线路的气隙变化剖面图,并根据所获得的气体间隙剖面图计算燃料组件中心管偏离垂直轴的幅度和方向,用于判断核反应堆工艺通道是否存在偏转以及偏转的幅度。

核反应堆工艺通道的偏转测量方法

[0001] 发明涉及的技术领域

本发明涉及测量技术,可用于实施一种测量延伸的垂直引导通道的偏转的方法,特别是测量核反应堆技术通道的偏转,包括大功率管式反应堆类型的核反应堆。

[0002] 有关现有技术的信息

与所要求的方法最接近的技术解决方案是一种测量核反应堆工艺通道偏转的方法,包括在燃料组件的中心管内放置一个至少装有一个光纤传感器的支撑元件,沿着传感器的光纤线路提供光信号,并通过分析反射光信号以轮廓图的形式记录燃料组件中心管的偏转情况(RU 专利号2626301,公布日期2017年7月25日,МПК G01B 5/20)。

[0003] 已知的方法使用光纤应变传感器,即在抗辐射石英光纤结构中嵌入几个层次的布拉格光栅。要产生光信号,需要使用波长为800纳米到1600纳米($800 \cdot 10^{-9}$ 米到 $1600 \cdot 10^{-9}$ 米)的激光辐射,并使用一根柔性空心棒作为载体元件,棒内放置光纤应变传感器。当工艺通道发生偏转时,燃料组件的中心管会发生偏转,因此中心管中带有光纤传感器的柔性杆也会发生偏转,拉力或压缩力会作用在光纤变形传感器上。当由窄波段可调谐激光器发出的光信号通过应变传感器的光纤线路时,布拉格光栅反射的波长会发生变化。这种变化由光电探测器检测到,并通过安装在计算机上的软件进行分析。

[0004] 用于测量核反应堆工艺通道挠度的已知方法的缺点是光纤应变传感器的制造技术复杂且耗时,这与在抗辐射石英光纤中形成布拉格晶格的折射率改变的微观点的复杂技术执行有关。

[0005] 发明的本质

本发明所要解决的问题是创造一种测量核反应堆燃料组件技术通道偏转的方法,从而排除使用具有微观点的抗辐射石英光纤,这些微观点具有变化的折射率,形成布拉格光栅,在制造过程中,需要进行复杂的劳动密集型技术操作,以获得这些微观点,同时还要保证能够获得核反应堆燃料组件技术通道在运行过程中几何参数变化的可靠信息。

[0006] 本发明的一项技术成果是在保持测量精度的同时,简化了核反应堆燃料组件技术通道偏转的测量。

[0007] 本发明的技术成果是测量核反应堆燃料组件技术通道挠度的方法,包括在固定于柔性空心支撑杆末端的燃料组件中心管内放置至少一个光纤传感器,光信号通过光纤线路连接到传感器,通过与光纤线路连接的光电探测器对反射光信号进行登记,并通过与光电探测器连接的计算机根据对光信号参数的分析确定核反应堆技术通道偏转,通过在光纤传感器的下端悬挂一个可偏转的重力摆来实现,沿燃料组件中心管移动带有光纤传感器的柔性空心支撑杆,并借助光电探测器和计算机固定重力摆杆上端面与连接到光电探测器并固定在传感器上的光纤线下端面之间的气体间隙中反射光信号干涉图案的偏移,当移动光纤传感器时,由于重力摆杆偏离弯曲燃料组件中心管的轴线而发生变化,根据所记录的反射光信号干涉图的偏移,记录每个光纤传感器每条光纤线路的气隙变化剖面图,并根据所获得的气体间隙剖面图计算燃料组件中心管偏离垂直轴的幅度和方向,用于判断核反应堆工艺通道是否存在偏转以及偏转的幅度。

[0008] 图表、图纸和其他材料清单

附图解释了本发明的本质：

图1显示了一种用于测量核反应堆技术通道偏转方法的设备的总体示意图，

图2显示了用于测量的光纤传感器的总视图，

图3显示了在燃料组件的直中心管中布置光纤传感器的方案，以实施测量核反应堆工艺通道偏转的方法，

图4显示了偏转燃料组件中心管中的光纤传感器布置示意图。

[0009] 确认实施本发明的可能性的信息

测量核反应堆工艺通道偏转的方法如下。

[0010] 在燃料组件的中心管内，放置了一根柔性空心支撑杆，支撑杆的末端固定了至少一个光纤传感器。光信号通过与传感器相连的光纤线路输入，反射光信号通过与光纤线路相连的光电探测器记录。根据对光信号参数的分析，使用与光电探测器相连的计算机确定核反应堆工艺通道的偏转。光纤传感器的下端悬挂一个可偏转的重力摆来，沿燃料组件中心管移动带有光纤传感器的柔性空心支撑杆，并借助光电探测器和计算机固定重力摆杆上端面与连接到光电探测器并固定在传感器上的光纤线下端面之间的气体间隙中反射光信号干涉图案的偏移，当移动光纤传感器时，由于重力摆杆偏离弯曲燃料组件中心管的轴线而发生变化。根据所记录的反射光信号干涉图的偏移，记录每个光纤传感器的每条光纤线路的气体间隙变化剖面图，并根据所获得的气体间隙剖面图，计算燃料组件中心管偏离垂直轴的幅度和方向，从而判断核反应堆工艺通道是否存在偏移以及偏移的幅度。

[0011] 下面以一个具体实施例来解释本发明。给出的示例并不是唯一可能的示例，但清楚地表明了通过这组基本特征实现所述技术结果的可能性。

[0012] 例如。

[0013] 一根柔性空心支撑杆 1 安装在燃料组件中心管3内，支撑杆的末端至少固定有一个光纤传感器 2。然后将光纤传感器 2 与可重新配置的激光器 4 和光电探测器 5 相连，再通过初级信息处理模块 6 与计算机 7 相连。光纤传感器 2 的主体通过套筒 8 与柔性空心支撑杆 1 刚性连接。光纤传感器外壳 2 的管子 9 和盖子 10 为光纤传感器 2 提供了一个密封腔，腔内充满惰性气体。将柔性空心支撑杆 1 固定在原点位置(柔性空心支撑杆 1 完全下降到燃料组件中心管 3 中)后，开始提升柔性空心支撑杆 1。通过在燃料组件中心管 3 中移动柔性空心支撑杆 1 来测量偏转，可调谐激光器 4 发出的光信号通过光纤线路 11 送入光纤传感器 2，光纤传感器 2 反射的信号被光电探测器 5 接收。

[0014] 在工艺通道发生偏转以及燃料组件的中心管 3 相应发生偏转的情况下，光纤传感器 2 的重力摆 12 通过柔性元件 13 发生偏转，偏转角度与光纤传感器 2 偏离重力矢量的角度成正比。

[0015] 即当提升柔性空心支撑杆 1 时，光纤传感器 2 相对于重力场发生偏转 α 角度(第4图)，因此重力摆 12 相对于光纤传感器 2 的中心轴发生偏转。因此，气隙 14 的几何参数发生了变化，即重力摆 12 的反射面与光纤线 11 两端之间的距离发生了变化(间隙大小在 $X_1^1 \neq X_2^1$ 第4图)，从而导致干涉图案发生偏移，通过光电探测器 5 将其记录下来，并通过安装在计算机 7 上的专用软件进行分析。测量结果将记录每个光纤线路 11 的气体间隙 14 的轮廓图。根据所获得的气间隙 14 的剖面图，计算燃料组件中心管 3 偏离垂直轴

的幅度和方向的剖面图,然后计算放置燃料组件的工艺通道的偏差幅度和方向。

[0016] 所提出的方法可用于测量核反应堆技术通道的偏转,包括大功率管式反应堆型核反应堆。

[0017] 使用所提出的方法可以以所需的精度确定燃料组件中心管的偏转,并在此基础上计算大功率管式反应堆型核反应堆工艺通道的偏转。

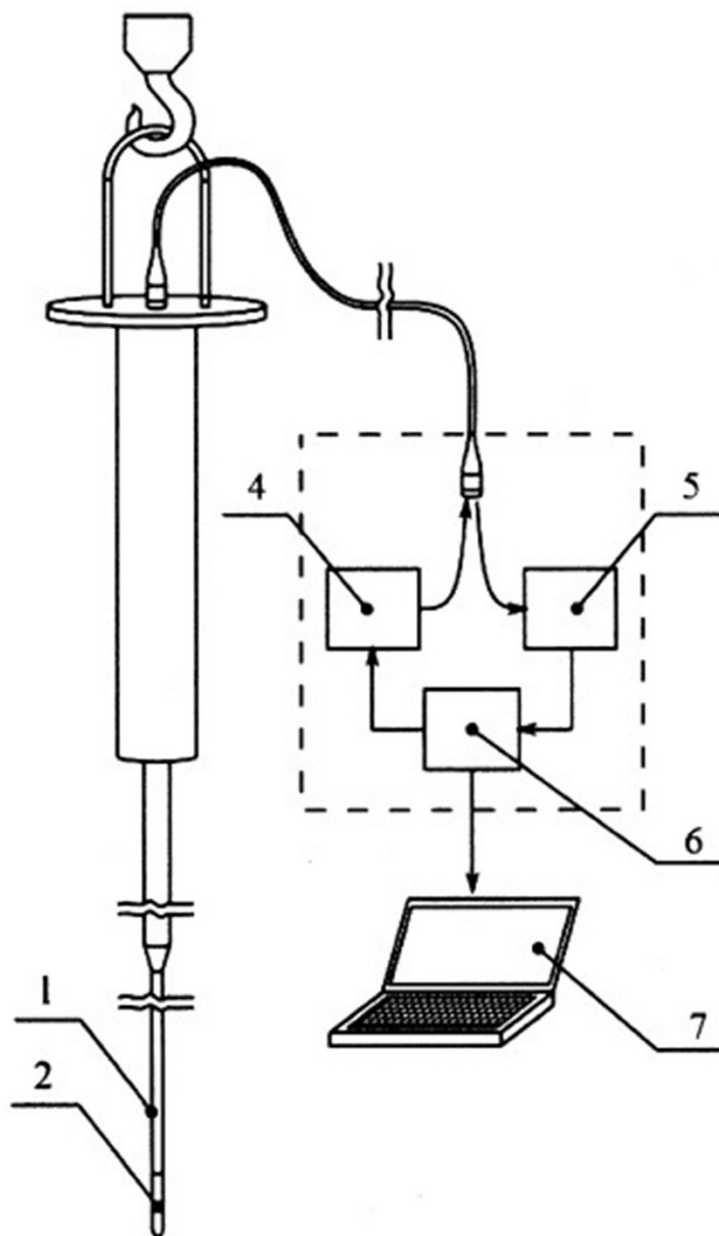


图 1

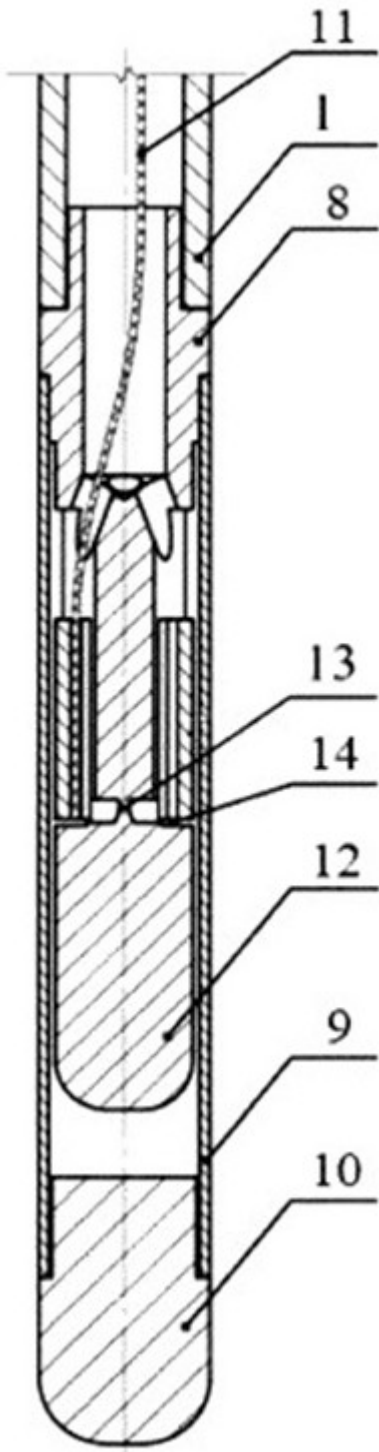


图 2

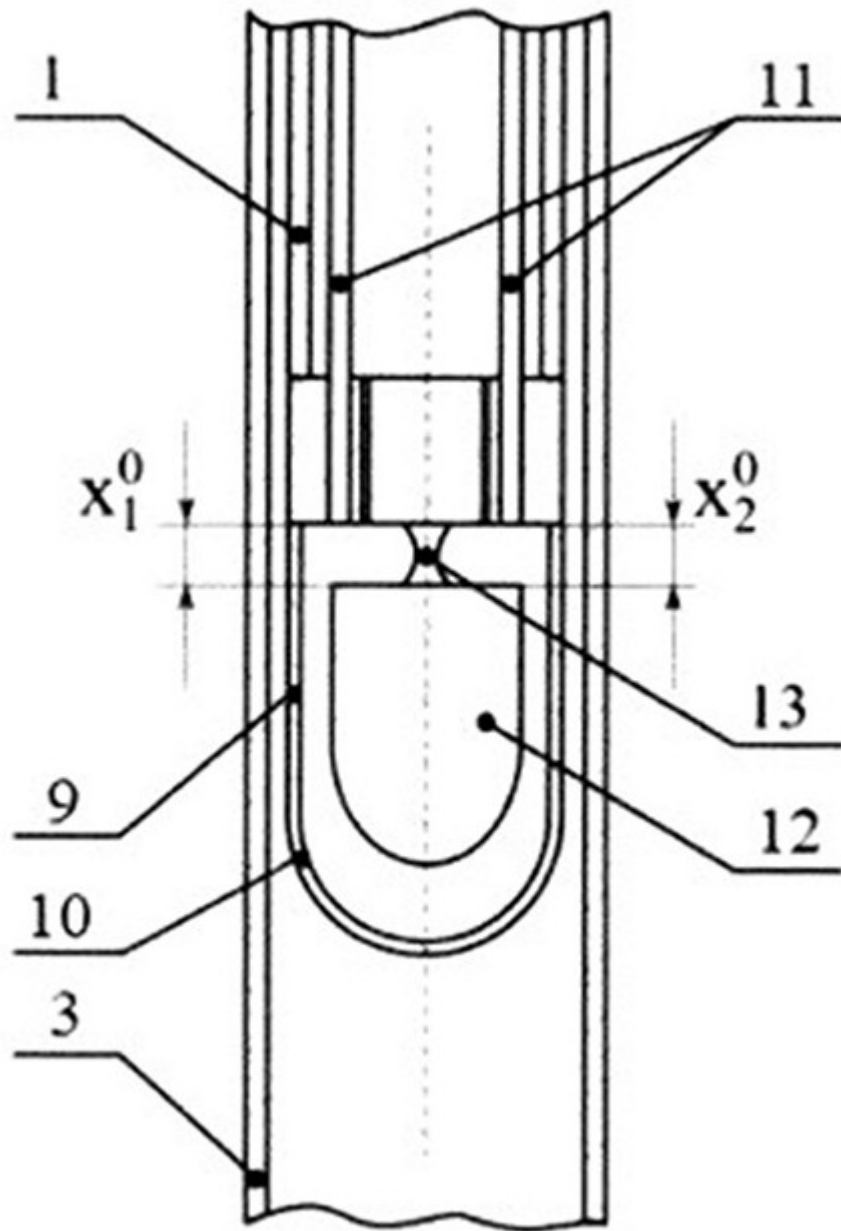


图 3

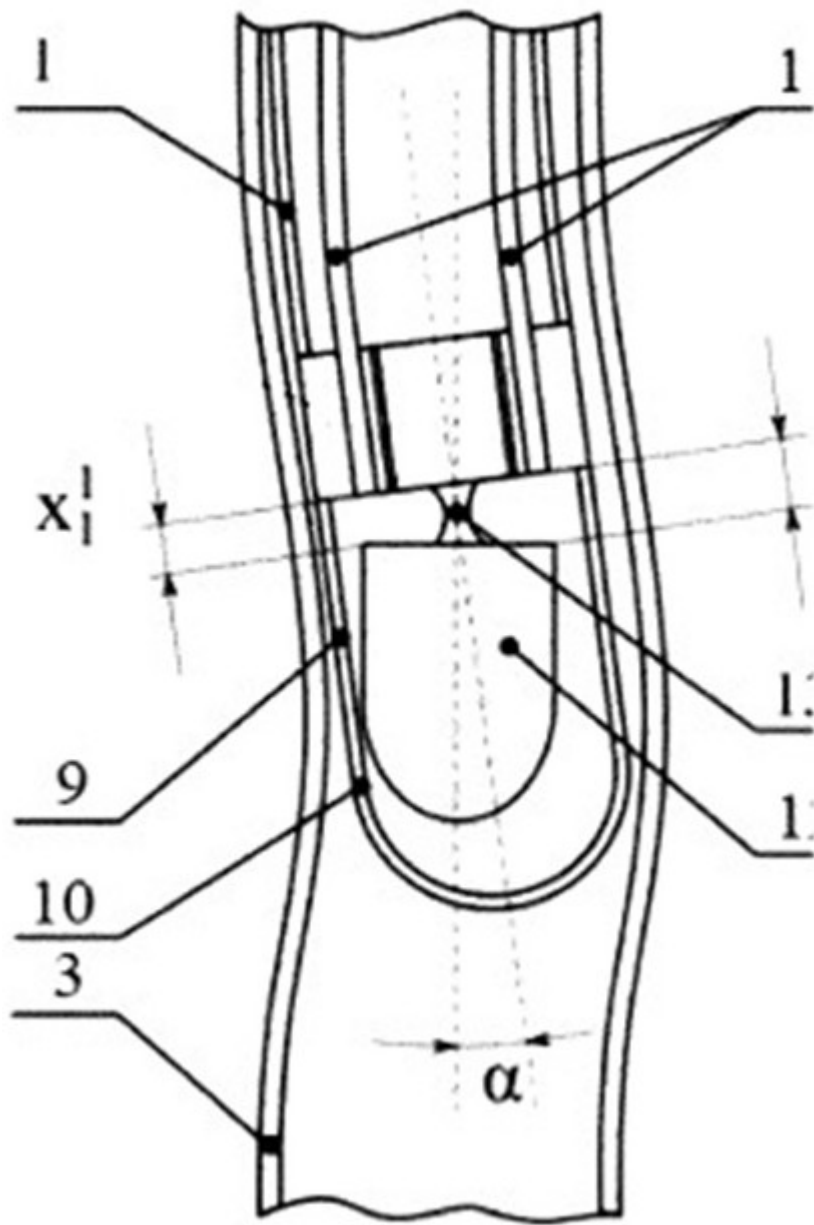


图 4