

一种用于氦冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路设计

申请号：[201410245348.7](#)

申请日：2014-06-04

申请(专利权)人 [中国科学院等离子体物理研究所](#)
地址 [230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [雷明准 宋云涛 叶民友 郑金星 刘旭峰 祁松松 覃世军 尹苗 孙鹏飞 徐坤 魏川子](#)
主分类号 [G21B1/11\(2006.01\)I](#)
分类号 [G21B1/11\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [104021819A](#)
公开(公告)日 [2014-09-03](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司 34112](#)
代理人 [余成俊](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104021819 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201410245348. 7

(22) 申请日 2014. 06. 04

(71) 申请人 中国科学院等离子体物理研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路
350 号

(72) 发明人 雷明准 宋云涛 叶民友 郑金星
刘旭峰 祁松松 覃世军 尹苗
孙鹏飞 徐坤 魏川子

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理
有限公司 34112
代理人 余成俊

(51) Int. Cl.
G21B 1/11 (2006. 01)

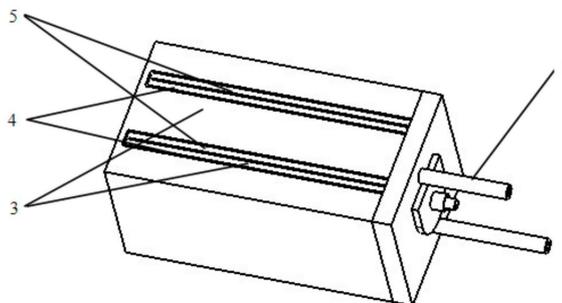
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路设计

(57) 摘要

本发明公开了一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路,包括有增殖单元的球床区,球床区中设有两个冷却板,球床区的一端设有氦冷回路以及提氚回路,氦冷回路中氦气由氦冷回路进气口进入,经底部氦气分流腔分流后进入冷却板,然后进入氦气集流腔,最后通过氦冷回路出气口流出增殖单元;提氚回路中提氚气体由提氚回路进气口进入,经过底部提氚气体分流腔分流后进入球床区带走反应产生的氚,然后进入提氚气体集流腔,最后通过提氚回路出气口流出增殖单元。本发明满足了增殖单元冷却和提氚的要求,同时又将冷却回路和提氚回路集成在了一个腔室中,但又不影响其各自的功能,实现了回路的集成化以及氚增殖空间的有效增大。



1. 一种用于氨冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路,其特征在于:包括有增殖单元的球床区,球床区中设有两个冷却板,球床区的一端设有氨冷回路以及提氙回路,所述的氨冷回路包括有氨冷回路进气口、氦气分流腔、氦气集流腔、氨冷回路出气口,提氙回路包括有提氙回路进气口、提氙气体分流腔、提氙气体集流腔、提氙回路出气口,氨冷回路进气口、氦气分流腔、冷却板、氦气集流腔、氨冷回路出气口依次相连通,提氙回路进气口、提氙气体分流腔、提氙气体集流腔、提氙回路出气口依次相连通,氦气分流腔与氦气集流腔分别位于球床区端部的两侧,提氙气体分流腔、提氙气体集流腔分别位于氦气分流腔与氦气集流腔的外侧与内侧;所述的氨冷回路中氦气由氨冷回路进气口进入,经底部氦气分流腔分流后进入冷却板,然后进入氦气集流腔,最后通过氨冷回路出气口流出增殖单元;所述的提氙回路中提氙气体由提氙回路进气口进入,经过底部提氙气体分流腔分流后进入球床区带走反应产生的氙,然后进入提氙气体集流腔,最后通过提氙回路出气口流出增殖单元。

2. 根据权利要求1所述的用于氨冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路,其特征在于:所述的提氙回路进、出气口的管道设计成同心管道形式。

3. 根据权利要求1所述的用于氨冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路,其特征在于:所述的氨冷回路以及提氙回路均采用内部开槽结构,氨冷回路冷却剂为氦气。

4. 根据权利要求1所述的用于氨冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路,其特征在于:所述的冷却板、氨冷回路以及提氙回路均由低活化马氏体钢制造。

5. 根据权利要求1所述的用于氨冷固态氙增殖包层增殖单元的冷却及提氙回路,其特征在于:所述的氨冷回路冷却剂流量以及氦气分流腔、氦气集流腔的尺寸根据氨冷回路所在的空间以及所需移除的热负荷确定;提氙管路尺寸及提氙气体的流量根据增殖单元的具体设计来确定。

一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路设计

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包层增殖单元冷却回路及提氚回路设计,尤其是一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路。

背景技术

[0002] 随着工业发展和化石能源的逐渐枯竭,磁约束核聚变是能源发展的重要研究方向之一。增殖包层是未来聚变堆的重要组成部分,是实现核聚变发电的关键技术之一。其主要功能包含:氚增殖;产生和移除用于发电的热能;移除第一壁表面热流及核热使包层的温度与应力低于材料的许用值。增殖包层根据增殖剂的不同可以分为固态包层和液态包层两大类,其中固态包层又可以根据冷却剂的不同主要分为氦冷固态包层和水冷固态包层这两种。固态包层具有无磁流体动力学(MHD)效应、冷却剂对结构材料无腐蚀性等优点。目前,球床形式的氚增殖剂和中子倍增剂已被广泛运用于未来聚变堆增殖包层的研究中。增殖子模块主要由氚增殖剂球床、中子倍增剂球床及以及一系列冷却板、管路组成,其主要功能有实现氚增殖、对生成氚的提取、沉积热的移除等。

固态增殖剂的氚增殖率由于受到中子数量的限制,氚增殖率相对较低,所以需要在包层内放置中子倍增剂以提高氚增殖率。增殖区产生的氚主要由氦气携带的氢气通过同位素交换等方式带出并送到氚回收系统中,因此必须在包层内设计专门的提氚回路来回收氚,提氚回路的设计是一项非常复杂的工作。氚增殖剂小球和中子倍增剂小球受热载荷作用会温度升高产生热应力,从而导致小球的变形或破损,所以要设计专门的冷却回路及时有效的带走增殖剂和倍增剂材料上的热载荷,以确保材料的应力控制在设计允许的范围内。此外,为了提高氚增殖率,冷却回路以及提氚回路所占的空间应越小越好,如何将冷却回路以及提氚回路集成到有限的空间中但是又不影响两个回路各自功能的实现是增殖单元设计的重要内容之一。

发明内容

[0003] 本发明目的就是为了弥补已有技术的缺陷,提供一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

一种用于氦冷固态氚增殖包层增殖单元的冷却及提氚回路,其特征在于:包括有增殖单元的球床区,球床区中设有两个冷却板,球床区的一端设有氦冷回路以及提氚回路,所述的氦冷回路包括有氦冷回路进气口、氦气分流腔、氦气集流腔、氦冷回路出气口,提氚回路包括有提氚回路进气口、提氚气体分流腔、提氚气体集流腔、提氚回路出气口,氦冷回路进气口、氦气分流腔、冷却板、氦气集流腔、氦冷回路出气口依次相连通,提氚回路进气口、提氚气体分流腔、提氚气体集流腔、提氚回路出气口依次相连通,氦气分流腔与氦气集流腔分别位于球床区端部的两侧,提氚气体分流腔、提氚气体集流腔分别位于氦气分流腔与氦气

集流腔的外侧与内侧；所述的氦冷回路中氦气由氦冷回路进气口进入，经底部氦气分流腔分流后进入冷却板，然后进入氦气集流腔，最后通过氦冷回路出气口流出增殖单元；所述的提氦回路中提氦气体由提氦回路进气口进入，经过底部提氦气体分流腔分流后进入球床区带走反应产生的氦，然后进入提氦气体集流腔，最后通过提氦回路出气口流出增殖单元。

[0005] 所述的用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，其特征在于：所述的提氦回路进、出气口的管道设计成同心管道形式。

[0006] 所述的用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，其特征在于：所述的氦冷回路以及提氦回路均采用内部开槽结构，氦冷回路冷却剂为氦气。

[0007] 所述的用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，其特征在于：所述的冷却板、氦冷回路以及提氦回路均由低活化马氏体钢制造。

[0008] 所述的用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，其特征在于：所述的氦冷回路进、出气口直径 12mm；提氦回路进气口直径 24mm、提氦回路出气口直径 14mm；冷却板厚度 5mm。

[0009] 所述的用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，其特征在于：所述的氦冷回路冷却剂流量以及氦气分流腔、氦气集流腔的尺寸根据氦冷回路所在的空间以及所需移除的热负荷确定；提氦管路尺寸及提氦气体的流量根据增殖单元的具体设计来确定。

[0010] 本发明的优点是：

本发明满足了增殖单元冷却和提氦的要求，同时又将冷却回路和提氦回路集成在了一个腔室中，但又不影响其各自的功能，实现了回路的集成化以及氦增殖空间的有效增大。

附图说明

[0011] 图 1 为增殖单元整体结构图。

[0012] 图 2 为从冷却回路进气管侧观测的分流腔内部结构图。

[0013] 图 3 为从冷却回路出气管侧观测的分流腔内部结构图。

[0014] 图 4 为分流腔冷却冷却板整体示意图。

[0015] 图 5 为分流腔冷却冷却板局部放大视图。

具体实施方式

[0016] 如图 1、2、3、4、5，一种用于氦冷固态氦增殖包层增殖单元的冷却及提氦回路，包括有增殖单元的球床区 3，球床区 3 中设有两个冷却板 4、5，球床区 3 的一端设有氦冷回路以及提氦回路，氦冷回路包括有氦冷回路进气口 1、分流腔 2、集流腔 6、氦冷回路出气口 7，提氦回路包括有提氦回路进气口 8、分流腔 9、集流腔 10、提氦回路出气口 11，氦冷回路进气口 1、分流腔 2、冷却板 4、5 以及集流腔 6、氦冷回路出气口 7 依次相连通，提氦回路进气口 8、分流腔 9、集流腔 10、提氦回路出气口 11 依次相连通，分流腔 2 与集流腔 6 分别位于球床区 3 端部的两侧，分流腔 9、集流腔 10 分别位于分流腔 2 与集流腔 6 的外侧与内侧；氦冷回路中氦气由进气口 1 进入，经底部分流腔 2 分流后再进入球床区 3 的冷却板 4、5，流出冷却板后进入集流腔 6 最后通过出气口 7 流出增殖单元。所述的提氦回路中提氦气体由进气口 8 进入，经过底部分流腔 9 分流后进入球床区 2 带走反应产生的氦，然后进入集气腔 10，最

后通过出气口 11 流出增殖单元,提氙回路进出气管设计成同心管道形式。

[0017] 氦冷回路以及提氙回路均采用内部开槽结构,氦冷回路冷却剂为氦气,冷却剂流量根据热载荷以及冷却要求确定。

[0018] 进出气口 1、7、8、11、分流腔 2、9 集流腔 6、10 以及冷却板 4、5 均由低活化马氏体钢 (RAFM) 制造,满足结构的机械强度以及导热要求。

[0019] 氦冷回路进出气口 1、7 直径 12mm ;提氙回路进气口 8 直径 24mm、出气口 11 直径 14mm ;冷却板厚度 5mm。

[0020] 氦冷回路冷却管路的尺寸和冷却剂流量以及分流腔集流腔的尺寸根据管路所在的空间以及所需转移的热载荷确定 ;提氙管路尺寸及提氙气体的流量根据管路所在的空间以及所产生的氙的量来确定。

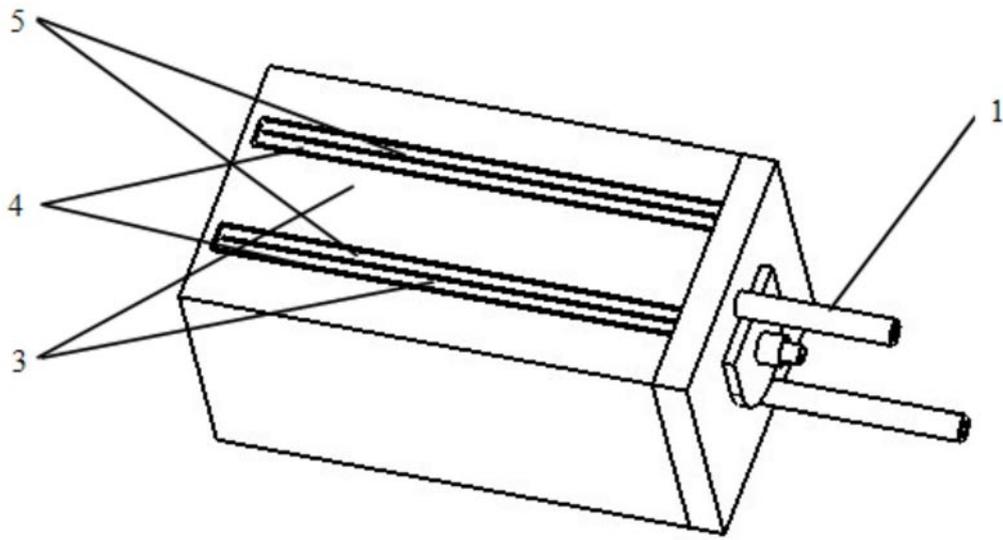


图 1

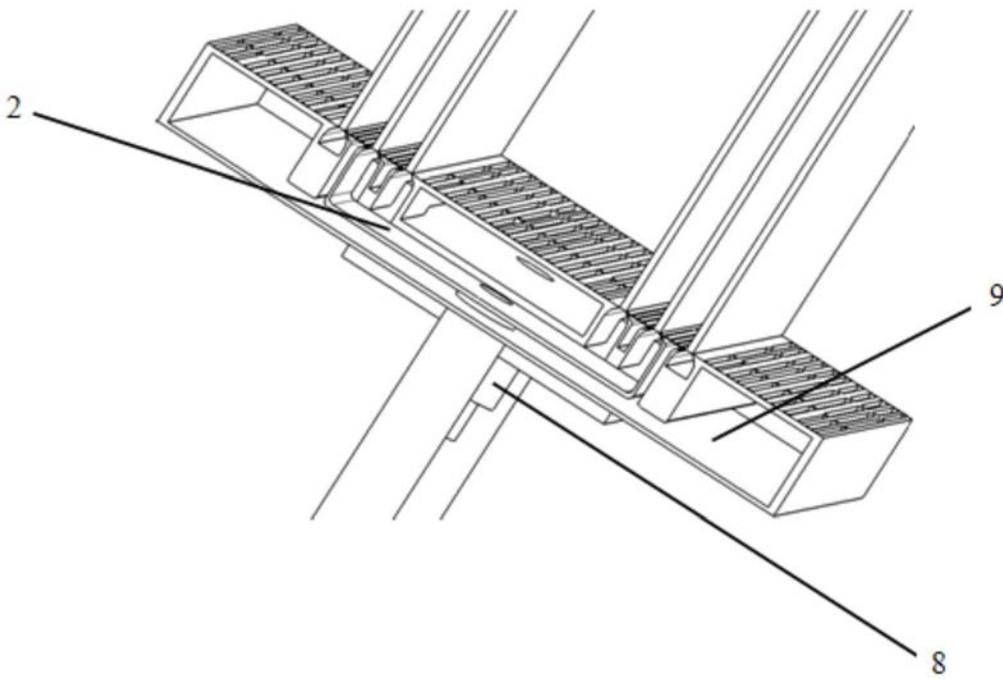


图 2

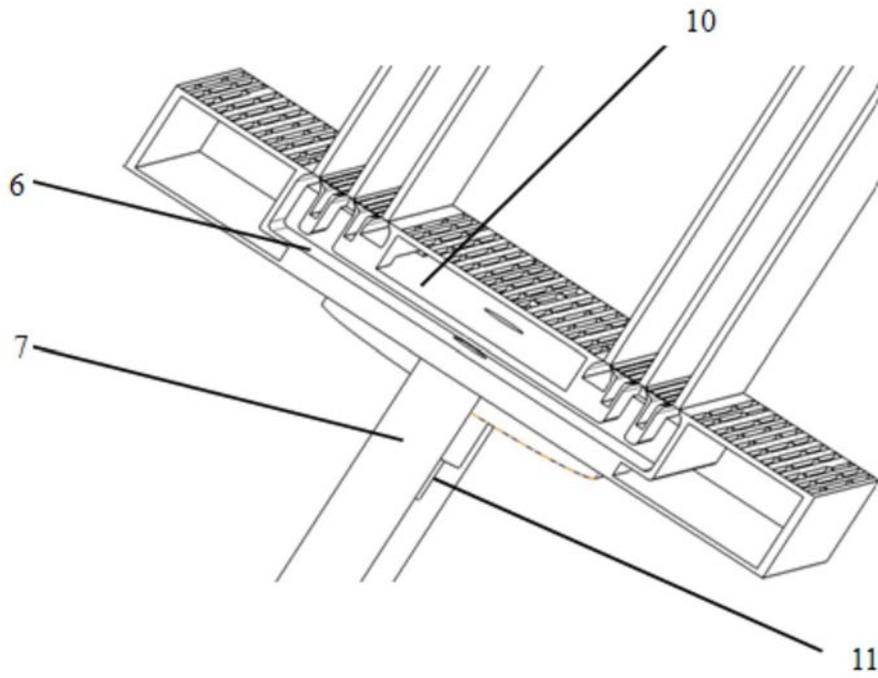


图 3

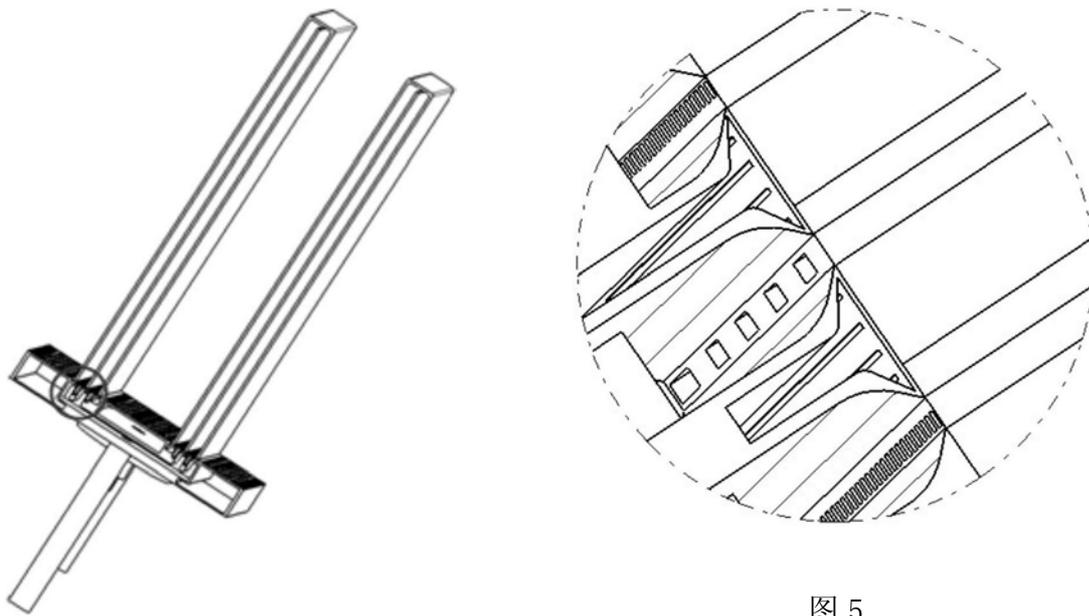


图 4

图 5