



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580004605.7

[45] 授权公告日 2009年10月14日

[11] 授权公告号 CN 100550212C

[22] 申请日 2005.2.7
 [21] 申请号 200580004605.7
 [30] 优先权
 [32] 2004.2.10 [33] KR [31] 10-2004-0008767
 [86] 国际申请 PCT/KR2005/000369 2005.2.7
 [87] 国际公布 WO2005/076285 英 2005.8.18
 [85] 进入国家阶段日期 2006.8.10
 [73] 专利权人 韩国原子力研究所
 地址 韩国大田市
 共同专利权人 韩国水力原子力株式会社
 [72] 发明人 宋镇镐 金焕烈 闵丙泰 金熙东
 [56] 参考文献
 JP4-286994A 1992.10.12
 CN1067132A 1992.12.16
 US4328907 1983.5.10

审查员 翟晨阳
 [74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
 任公司
 代理人 王爱华 田军锋

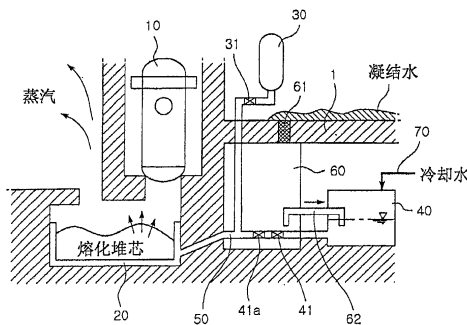
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于熔化堆芯材料的被动冷却和滞留装置

[57] 摘要

本发明公开了一种用于在核电站发生严重事故时被动冷却和保存从损坏的反应堆压力壳中流出的熔化堆芯材料的设备。所述设备包括：保存熔化堆芯材料的熔化堆芯材料滞留箱；储存着高压惰性气体的压缩气体罐；安装成高于熔化堆芯材料滞留箱的冷却水储存罐；以及混合装置。所述熔化堆芯材料滞留箱包括具有至少一个冷却剂孔的外部滞留容器，一个在形成该外部滞留容器内侧的多孔防护容器，以及形成在该外部滞留容器与多孔防护容器之间的砾石层。所述设备可以安装在反应堆腔内而不改变安全壳房隔室的结构，并使其能够避免在超高温熔化堆芯材料冷却过程中的蒸汽爆炸并确保冷却过程的可靠性。



1. 一种用于被动冷却并保存来自反应堆的熔化堆芯材料的设备，所述设备包括：

安装在反应堆腔内的熔化堆芯材料滞留箱，以保存来自反应堆压力壳的熔化堆芯材料；

在其出口处具有出口阀并供应高压惰性气体的压缩气体罐；

安装成高于熔化堆芯材料滞留箱的冷却水储存箱，其出口处具有出口阀并供应冷却水；以及

用于将从压缩气体罐供给的惰性气体与从冷却水储存箱供给的冷却水相混合并将冷却水和惰性气体混合物供给到熔化堆芯材料滞留箱的混合和供给装置。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述熔化堆芯材料滞留箱包括：外部滞留容器，它具有至少一个形成在其侧壁或底部并与上述混合和供给装置相连的冷却剂孔；

在该外部滞留容器内侧由耐火材料形成的多孔防护容器；以及

形成在该外部滞留容器与多孔防护容器之间填满耐火砾石的砾石层。

3. 如权利要求 2 所述的设备，其中所述砾石填入砾石层中来分散并支撑保存在该多孔防护容器的熔化堆芯材料的载荷。

4. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述混合和供给装置包括连接该压缩气体罐和冷却水储存箱并分别从它们伸出的管道。

5. 如权利要求 2 所述的设备，其中所述多孔防护容器由烧结的耐火砾石或粉末制造，并且在该防护容器的表面上粘接有牺牲和防水材料层。

6. 如权利要求 2 所述的设备，其中所述外部滞留容器具有形成在其内表面上的筛网层。

7. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述冷却水储存箱具有安装在其出口处的止回阀，以便防止高压气体的回流。

8. 如权利要求 1 所述的设备，还包括中间储存箱，其中由熔化堆芯材料与冷却水之间的反应产生的蒸汽凝结成水，并且该凝结水通过中间储存箱重新供给冷却水储存箱。

9. 如权利要求 8 所述的设备，其中所述中间储存箱具有安装在其上侧的过滤器，以过滤通过该过滤器的凝结水，并且过滤过的水重新供给冷却水储存罐。

用于熔化堆芯材料的被动冷却和滞留装置

技术领域

本发明涉及一种用于被动冷却并保存熔化堆芯材料的设备，尤其涉及这样一种用于被动冷却和保存熔化堆芯材料的设备，该设备能够在核电站发生严重事故时从破损的核反应堆压力壳中流出的熔化堆芯材料被动冷却、固化并保存在反应堆腔内，以便防止流出的熔化堆芯材料损坏邻近的设备、威胁工作人员的安全、威胁反应堆安全壳的完整性，或者污染水源或土壤。

背景技术

通常，核电站包括具有不同功能的上百个系统。这些系统大致分成具有作为其主要部件的核反应堆的核蒸汽供应系统（NSSS），具有由供应蒸汽驱动的发电机的汽轮机 / 发电机系统以及其它辅助设备。此时，核反应堆控制着在核反应时瞬间产生的巨大能量缓慢释放以便核能能够被用来发电。

然而，一旦在核电站发生严重事故时从破损反应堆压力壳中流出的熔化堆芯材料不能有效地保存和冷却，流出的熔化堆芯材料能够熔化反应堆腔的混凝土结构，污染附近的土壤，和威胁安全壳的结构完整性。

因此，一直在不断地研究用于保存并适当冷却流出的熔化堆芯材料的设备和方法。

图 1 示出第 0265320 号韩国专利披露的用于保存和冷却流出的熔化堆芯材料的常规设备。

在图 1 所示的常规设备中，一个多层蜂窝状的冷却水滞留箱 110 安装在反应堆压力壳 100 的下面并注满冷却水 120 以便连续冷却从反应堆压力壳 100 流出的超高温熔化堆芯材料。

然而，这样构造的常规设备不能安装在现有核反应堆的安全壳房内，因为安全壳房必须极大地改变其隔室构造以便在其内安装该设备。

此外，该设备有一个问题，即超高温熔化堆芯材料熔化冷却水滞留箱 110，然后与冷却水滞留箱 110 中的冷却水直接反应从而产生剧烈蒸汽，由此会发生不希望的蒸汽爆炸。

作为另一种用于保存和冷却流出的熔化堆芯材料的常规设备，图 2 示出了具有细长的熔化堆芯材料捕集部件的堆芯捕集器，它公开在日本专利申请第 1996-43575 号中。

如图 2 所示，常规设备具有安装在反应堆压力壳 100 下面的多个熔化堆芯材料捕集器部件 130。在该设备中，在核电站发生严重事故时从反应堆压力壳 100 中流出的熔化堆芯材料被保存在该熔化堆芯材料捕集器部件 130 中，并且所保存的熔化堆芯材料被填充在该熔化堆芯材料捕集器部件 130 周围的冷却水 120 冷却。

然而，上述设备通过使熔化堆芯材料间接接触冷却水来冷却高温熔化堆芯材料。因此，熔化堆芯材料与冷却水之间的热传递效率低，因此需要非常大的冷却水箱。

而且，已经提出了一种通过用水泵来主动冷却熔化堆芯材料的设备。然而，在核电站发生严重事故时水泵可能不运行，由此设备的可靠性低。另外，水泵的冷却能力随着时间而降低，由此熔化堆芯材料的衰变热不能被有效除去。

因此，需要有一种能够解决相关技术上述问题的用于被动冷却并保存熔化堆芯材料的改进的设备。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种用于被动冷却和保存熔化堆芯材料的改进设备，它在超高温熔化堆芯材料与冷却水之间直接作用时能显著降低蒸汽爆炸的可能性，能够有效除去熔化堆芯材料的衰变热，并且能够装配在现有核反应堆和新近建造的核反应堆的安全壳房中。

为了实现上述目的，本发明提供一种用于被动冷却并保存来自反应堆的熔化堆芯材料的设备，所述设备包括：一个安装在反应堆压力壳下的熔化堆芯材料滞留箱，保存从反应堆压力壳中流出的熔化堆芯材料；一个在其出口处具有出口阀并供应高压惰性气体的压缩气体罐；一个在其出口处具有出口阀并供应冷却水的、安装得比熔化堆芯材料滞留箱高的冷却水储存箱；以及一个将压缩气体罐供给的惰性气体与冷却水储存箱供给的冷却水相混合并将冷却水 / 惰性气体混合物供给到熔化堆芯材料滞留箱的装置。

所述熔化堆芯材料滞留箱可以包括：一外滞留容器，它具有至少一个形成在其侧壁或底部并与混合装置相连的冷却液孔；一个在该外滞留容器内侧由耐火材料形成的多孔防护容器（vessel）；以及一个形成在外滞留容器与多孔防护容器之间的砾石层，砾石层中填满了耐火砾石。

砾石可以填入砾石层中以分散并支撑保存在多孔防护容器的熔化堆芯材料的载荷。

混合装置可以包括连接压缩气体罐和冷却水储存箱并分别从其延伸的管道。

多孔防护容器可以由烧结的耐火砾石或粉末制造，并且在防护容器的内表面粘接一层牺牲防水材料，并且外部滞留容器可以具有在其内表面上形成的筛网层。

冷却水储存箱可以具有安装在其出口处的止回阀，以便防止高压气体的回流。

该设备还可以包括一个中间储存箱。因此，由熔化堆芯材料与冷却水之间的反应产生的蒸汽在反应堆安全壳房的壁上凝结成水，凝结的水通过中间储存箱重新供给冷却水储存箱。

中间储存箱可以具有安装在其上侧的过滤器，以过滤通过该过滤器的凝结水，借此过滤过的水重新供给冷却水储存箱。

附图说明

通过结合附图描述本发明的优选实施例，本发明的上述目的、其它特征和优点将变得更明白，其中：

图 1 是常规熔化堆芯材料冷却设备的示意图；

图 2 是常规熔化堆芯材料保存设备的示意图；

图 3 是根据本发明用于被动冷却和保存熔化堆芯材料的设备的示意图；

图 4 是如图 3 所示的熔化堆芯材料滞留箱的透视图；

图 5 是如图 4 所示的熔化堆芯材料滞留箱的侧视截面图；

图 6 是如图 4 所示的熔化堆芯材料滞留箱的外滞留容器的透视图；

具体实施方式

在下文中，将结合附图详细描述本发明的优选实施例。

图 3 是根据本发明用于被动冷却和保存熔化堆芯材料的设备的示意图。

参照图 3，发明的被动冷却和保存设备冷却并保存来自反应堆压力壳的熔化堆芯材料，并包括安装在反应堆压力壳 10 下面的熔化堆芯材料滞留箱 20，以便保存从反应堆压力壳 10 流出的熔化堆芯材料。

该熔化堆芯材料滞留箱 20 被构造成不仅承受高温熔化堆芯材料，而且为均匀冷却高温熔化堆芯材料均匀地供给冷却水。熔化堆芯材料滞留箱 20 的结构将在下文中结合附图 4—6 来详细描述。

如图 3 所示，发明的被动冷却和保存设备还包括安装在安全壳房 1 中的冷却水储存箱 40，和用于储存高压惰性气体的压缩气体罐 30。该冷却水储存箱 40 和压缩气体罐 30 在其出口处各有出口阀 41 和 31。

这里，冷却水储存箱 40 优选地比熔化堆芯材料滞留箱 20 安装得更高以致于其中的冷却水可以通过重力而被动地流进熔化堆芯材料滞留箱 20。

而且，止回阀 41a 优选地安装在冷却水储存箱 40 的出口处以便防止高压惰性气体的回流。

从压缩气体罐 30 流下来的惰性气体与从冷却水储存箱 40 流出来的冷却水通过混合器 50 相混合，然后供给熔化堆芯材料滞留箱 20。

这里，混合器 50 优选具有连接罐 30 和 40 并分别从其延伸的管道。

因此，混合器 50 可以只混合从罐 30 流下来的惰性气体和从箱 40 流下来的冷却水，并且结果得到的冷却水和惰性气体混合物供给熔化堆芯材料滞留箱 20 的内底部和侧面，由此由于熔化堆芯材料和供给的冷却水 / 惰性气体混合物之间的大接触面积，熔化堆芯材料滞留箱 20 中的熔化堆芯材料可以被更有效地冷却。

如图 3 所示, 本发明的被动冷却和保存设备还可以包括中间储存罐 60。

然后, 当熔化堆芯材料与冷却水之间反应产生的蒸汽在安全壳房 1 的内表面上凝结时, 凝结水可以沿着安全壳房 1 的内表面流动, 然后向下经由中间储存箱 60 流入中间储存箱 60。

此外, 中间储存箱 60 优选地具有安装在其上侧的过滤器 61 以过滤凝结水。所述凝结并过滤过的水然后经由中间储存箱 60 再循环进入冷却水储存箱 40。

再这种情况下, 中间储存箱 60 经由管道 62 与冷却水储存箱 40 相连, 通过该管道 62 凝结水可以经由中间储存箱 60 重新供给冷却水储存箱 40。

以这种方式, 熔化堆芯材料与冷却水之间的直接接触使其有可能有效地排除来自熔化堆芯材料的热量。而且, 与冷却水一道供给的惰性气体能够防止可能在超高温熔化堆芯材料与冷却水之间的剧烈反应所产生的蒸汽爆炸, 从而使其能够稳定地冷却熔化堆芯材料。

此外, 本发明这样构造以致于通过在熔化堆芯材料与冷却水之间反应所产生的蒸汽可以凝结, 并且凝结水可以通过中间储存箱再循环, 衰变热可以有效地从熔化堆芯材料中排除。

而且, 发明的被动冷却设备通过重力来供给冷却水和惰性气体并且再循环凝结水, 从而使其有可能比采用水泵的常规主动冷却设备更可靠地冷却熔化堆芯材料。

图 4—6 详细地示出了将在下文描述的熔化堆芯材料滞留箱。

参照图 4，熔化堆芯材料滞留箱 20 通过冷却剂孔 21a 与管道的混合器 50 相连，同时通过冷却剂孔 21a 从混合器 50 供给惰性气体和冷却水，因而冷却保存在其中的高温熔化堆芯材料。

这里，因为冷却水 / 惰性气体混合物供给熔化堆芯材料滞留箱 20 的内底部和侧表面，由于熔化堆芯材料和冷却水之间的大接触面积，熔化堆芯材料滞留箱 20 可以更有效地冷却高温熔化堆芯材料。

参照附图 4 和 5 对本发明的结构进行更详细的描述，熔化堆芯材料滞留箱 20 包括外部滞留容器 21、内部多孔防护容器 23 和形成在容器 21 与 23 之间的砾石层 22。

外部滞留容器 21 包括至少一个在其侧表面或底表面形成的冷却剂孔 21a。冷却剂孔 21a 与混合器 50 相连，由此冷却水 / 惰性气体混合物通过冷却剂孔 21a 供给熔化堆芯材料滞留箱 20。

在外部滞留容器 21 里面的内部多孔防护容器 23 优选地由烧结的耐火砾石或粉末制造以便经受高温熔化堆芯材料。因此，冷却水 / 惰性气体混合物可以平稳地流入熔化堆芯材料滞留箱 20。

内部多孔防护容器 23 可以是能装配在隔室构造内的多个分开的圆柱壁。而且，内部多孔防护容器 23 由像陶瓷结构的烧结的耐火砾石或粉末制造，因此能够很容易根据隔室形状来调整。在防护容器的表面上粘接了足够厚度的牺牲材料层，以提供防护容器 23 的结构整体性和水密性。所述牺牲材料具有稀释熔化堆芯材料的优点，具有响应从反应堆压力壳排出的各种熔化流出物模式的适应性。而且，因为它位防护容器提供水密性，因此在功率运行期间无意中打开阀 31, 41 和 41a 就不会导致反应堆腔室进水。因此，在核反应堆功率运行期间本发明的任何误操作不会有干扰。所以，它充分支持本发明的被动特性。

防护容器 23 多孔结构使冷却水 / 惰性气体混合物能够通过它的孔均匀地注入熔化堆芯材料滞留箱 20，并且非常耐超高温熔化堆芯材料，由此能够潜在地防止超高温熔化堆芯材料与邻近结构之间的直接接触。而且，由于这种结构，熔化堆芯材料滞留箱 20 在发生严重事故以后能够去掉或用新的替换。

关于砾石层 22，它由在容器 21 和 23 之间填满耐火砾石 22a 构成，因此能够很容易根据隔室形状来组装。

砾石层 22 能使冷却水 / 惰性气体混合物均匀地注入熔化堆芯材料滞留箱 20。而且，砾石层 22 能够在其中储存预定量的冷却水，从而使其有可能更有效地冷却高温熔化堆芯材料。

砾石层 22 填满了砾石 22a 用来支撑保存在多孔防护容器 23 中的熔化堆芯材料的重量。也就是说，砾石层 22 的砾石 22a 自身能够分散并支撑熔化堆芯材料的重量。因此，本发明能够支撑熔化堆芯材料的载荷，没有必要使用另外的支撑设备。

而且，冷却水 / 惰性气体混合物的供给量能够通过改变冷却剂孔 21a 和砾石 22a 的设置来适当调整。

也就是说，根据反应堆腔的大小和熔化堆芯材料的总量，砾石层 22 中砾石 22a 的大小和多孔防护容器 23 中孔的大小能够作适当的调整，由此熔化堆芯材料滞留箱 20 能够被最佳地供给冷却水 / 惰性气体混合物。

图 6 是熔化堆芯材料滞留箱 20 的外部滞留容器 21 的透视图。参照图 6，外部滞留容器 21 优选地具有在其内表面上形成的筛网层 21b 以邻接砾石层 22。

设计筛网层 21b 以防止砾石 22a 通过冷却剂孔 21a 排出，并且能够更均匀的供给冷却水 / 惰性气体混合物。

下面将要参照附图 3—6 来详细描述发明的被动冷却和保存设备的操作。

参照附图 3—6，当核电站发生严重事故时，从损坏的核反应堆流出的超高温放射性熔化堆芯材料流入反应堆腔，流出的熔化堆芯材料保存在安装在反应堆压力壳 10 下面的熔化堆芯材料滞留箱 20 中。

当出口阀 31 和 41 打开，惰性气体和冷却水通过压力和重力分别从压缩气体罐 30 和冷却水储存箱 40 流下来，并在混合器 50 中混合。然后，当从反应堆压力壳中流出的熔化材料聚集足够多以使防护容器 23 内表面上的牺牲防水材料层失效时，冷却水 / 惰性气体混合物供给熔化堆芯材料滞留箱 20。

这时，冷却水储存箱 40 优选地安装成高于熔化堆芯材料滞留箱 20，以便其中的冷却水可以通过重力稳定的供给熔化堆芯材料滞留箱 20。而且，止回阀 41a 优选地安装在冷却水储存罐 40 出口处，以便防止高压惰性气体的回流。

这里，如图 4 和 5 所示，熔化堆芯材料滞留箱 20 包括外部滞留容器 21、内部多孔防护容器 23 和形成在容器 21 与 23 之间的砾石层 22。

外部滞留容器 21 包括至少一个形成在其侧表面或底表面的冷却剂孔 21a。冷却剂孔 21a 与混合器 50 相连，由此冷却水 / 惰性气体混合物通过冷却剂孔 21a 供给熔化堆芯材料滞留箱 20。

多孔防护容器 23 和砾石层 22 优选地由耐火材料制成以经受受高

温熔化堆芯材料。防护容器 23 和砾石层 22 的多孔结构使冷却水 / 惰性气体混合物能够均匀供给。

如上所述，在熔化堆芯材料滞留箱 20 中的熔化堆芯材料 初步冷却以后，由熔化堆芯材料与冷却水之间的反应所产生的蒸汽放出到安全壳房 1 的环境中，然后在安全壳房 1 的外表面上方凝结。凝结水通过中间箱 60 和管道 62 重新供给冷却水储存箱 40。

这时，中间储存箱 60 优选地具有安装在其上侧的过滤器 61，因此所述凝结水在流入中间储存箱 60 以前被过滤器 61 过滤。

而且，适于供水的给水管 70 连接到冷却水储存箱 40。

在高温熔化堆芯材料凝固前通过打开出口阀 31 和 41 使冷却水 / 惰性气体混合物供给熔化堆芯材料的底表面或侧表面，由此熔化堆芯材料开始冷却以致裂纹状流体通道能够在凝固的熔化堆芯材料中形成。此后，冷却水供给凝固熔化堆芯材料的裂纹状流体通道，由此消除凝固熔化堆芯材料的衰变热。

如上所述，本发明能够在开始冷却处理时被动供给冷却水 / 惰性气体混合物，这大大地减小了可以由熔化堆芯材料与冷却水之间迅速反应所引起的蒸汽爆炸。而且，本发明使其有可能利用凝结水的被动再循环来有效消除熔化堆芯材料的衰变热。

此外，本发明使其有可能根据反应堆腔的大小来适当地单独制造和组装熔化堆芯材料滞留箱，甚至在现有核反应堆的反应堆腔中内也能够安装熔化堆芯材料滞留箱。

由于牺牲防水材料层粘接在防护容器 23 上，因此在功率运行期间无意中打开阀 31，41 和 41a 就不会导致反应堆腔室进水。因此，在核

反应堆功率运行期间本发明的任何误操作不会有干扰。所以，它充分支持本发明的被动特性。

尽管为了说明的目的公开了本发明的优选实施例，本领域普通技术人员将会意识到能够进行不偏离如权利要求书限定的发明范围和精神的各种修改、增加和置换。

工业实用性

发明的被动冷却和保存设备能够利用将冷却水 / 惰性气体混合物供给超高温熔化堆芯材料的底表面或侧表面来防止蒸汽爆炸，从而使其有可能极大地提高冷却过程的可靠性。

而且，即便对于现有的核反应堆，本发明使其有可能将熔化堆芯材料滞留箱安装在反应堆腔内而不改变核电站安全壳房隔室的结构，并且它很容易安装在新近建造的核反应堆内。

此外，本发明的熔化堆芯材料滞留箱包括外部滞留容器、内部多孔防护容器和在所述容器之间形成的砾石层。从而，冷却水 / 惰性气体混合物能够均匀的注入熔化堆芯材料滞留箱，预定量的冷却水能够储存在砾石层中，砾石层能够分散并支撑熔化堆芯材料的载荷。

而且，本发明使其有可能通过中间储存箱利用被动再循环冷却水来有效消除熔化堆芯材料的衰变热。

由于具有牺牲材料层的防护容器提供水密性和结构整体性，因此在核反应堆功率运行期间本发明的任何误操作不会有干扰。

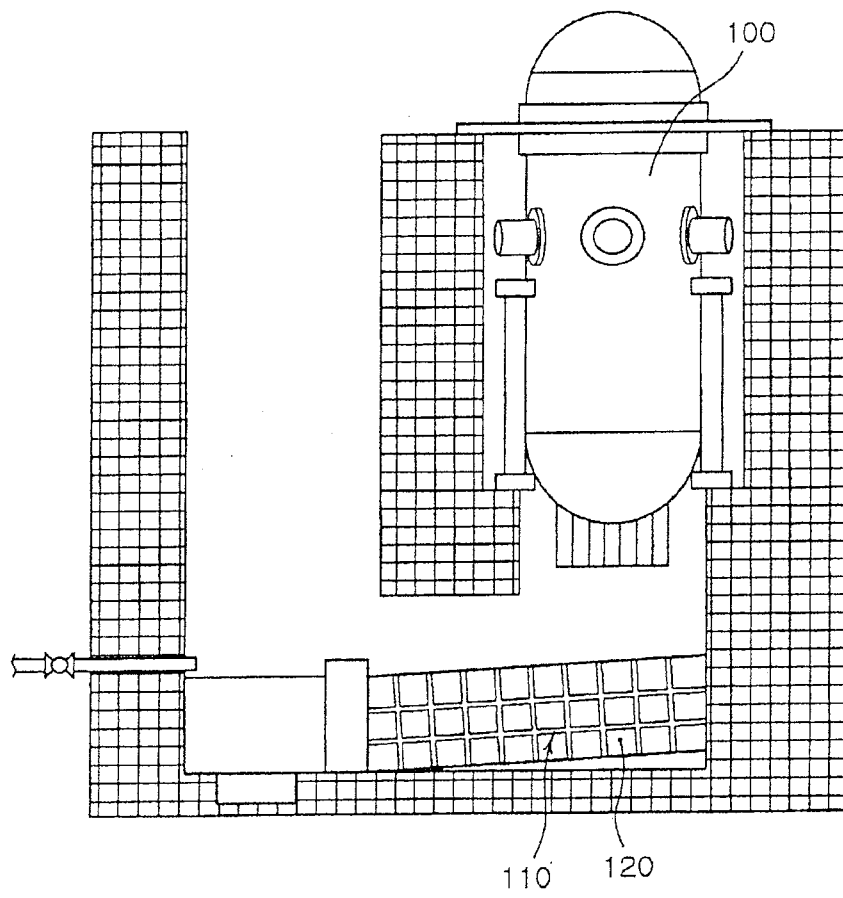


图1

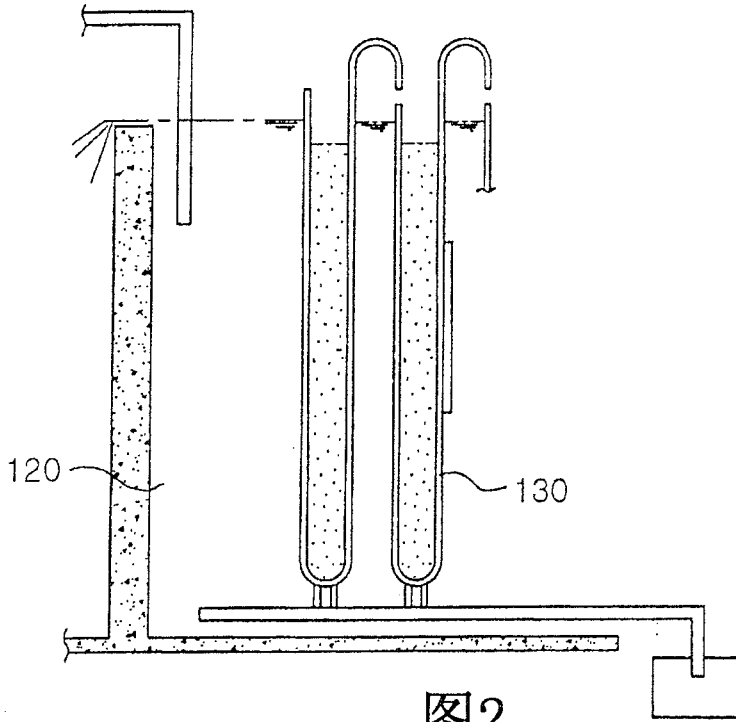
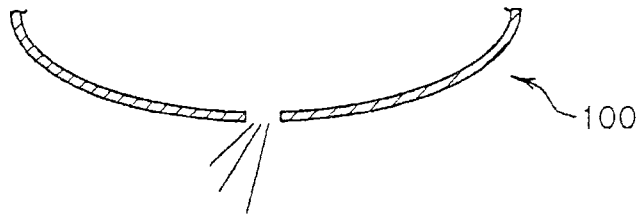


图2

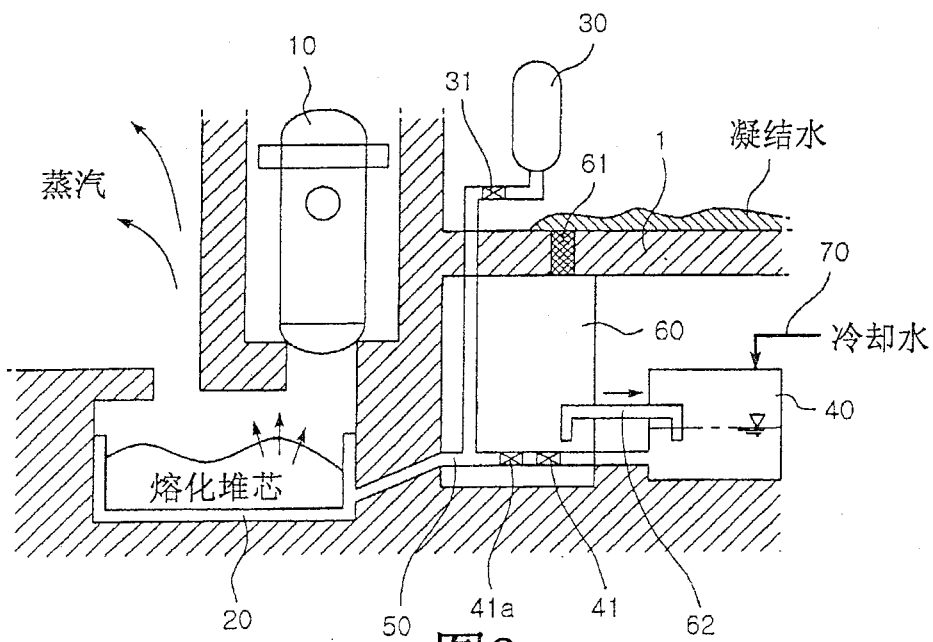


图3

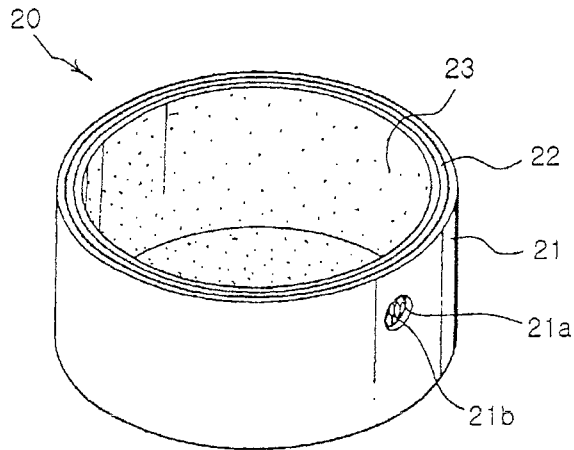


图4

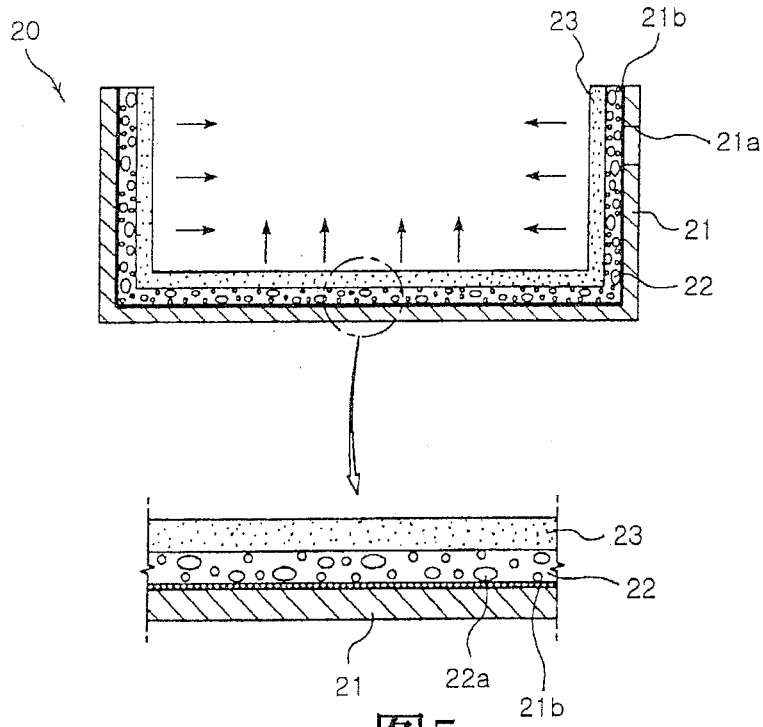


图5

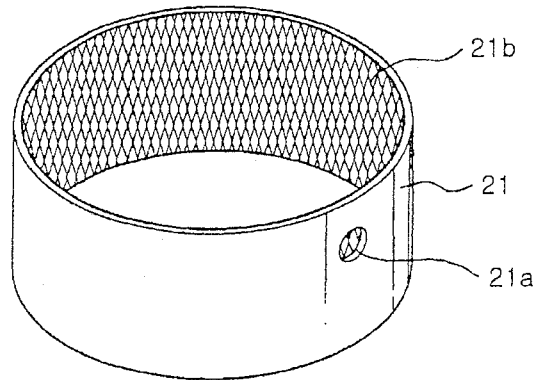


图6