(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105593671 B
(45)授权公告日 2019.06.04

(21)申请号 201480053298.0

(22)申请日 2014.09.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105593671 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(30)优先权数据
102013219294.0 2013.09.25 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.03.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/070408 2014.09.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/044228 DE 2015.04.02

(73)专利权人 法马通股份有限公司
地址 德国埃尔朗根

(72)发明人 阿克赛尔·希尔

(74)专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务所(普通合伙) 11363
代理人 李少丹 许伟群

(51)Int.Cl.
G01N 25/18(2006.01)
G01N 27/16(2006.01)
G01N 33/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1484019 A,2004.03.24,说明书第2-4页.
CN 101750439 A,2010.06.23,说明书第8段.
CN 101846643 A,2010.09.29,说明书第8、30段.
CN 102937609 A,2013.02.20,全文.
CH 318487 A,1957.01.15,全文.
JP 昭57-70435 A,1982.04.30,全文.
DE 10309205 A1,2004.09.30,全文.
DE 102004060103 A1,2005.12.22,全文.
US 2009/0035184 A1,2009.02.05,全文.
DE 102006033160 A1,2008.01.24,全文.
JP 特开2010-230591 A,2010.10.14,全文.
CN 201811870 A,2011.04.27,全文.
CN 202256212 U,2012.05.30,全文.
CN 102928463 A,2013.02.13,全文.
CN 102928550 A,2013.02.13,全文.

审查员 曾波

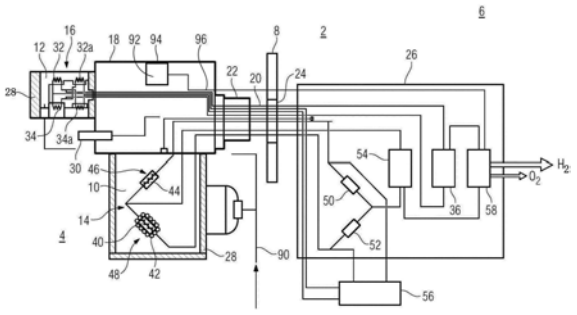
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

用于定量分析气体混合物成分的方法以及所属的测量装置

(57)摘要

本发明涉及一种用于定量分析气体混合物、尤其核设施的反应堆外壳(4)的气体中成分的方法。该方法应该在严重的条件下也能够简单、可靠并尽可能直接地确定物理参数,其中这些物理参数表征了一种气体混合物的点火场和燃烧特性。为此根据本发明设置了一种测量装置(2),其包含有·热导率探测器(16),其具有第一测量电桥,·热效应探测器(14),其具有第二测量电桥,以及·共同的分析单元(26),其中在该分析单元(26)中借助在这两个测量电桥上所具有的电桥电压来确定氢气(H_2)的含量并同时确定氧气(O_2)的含量。



CN 105593671 B

1.一种用于借助测量装置(2)来定量分析气体混合物的成分的方法,其中该测量装置包含有

• 热导率探测器(16),其具有第一测量电桥,所述第一测量电桥由两个相同种类的、与测量气体隔离的、催化非活性的测量单元(70,70a),与所述两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化非活性的单元(66,66a)一起构成,

• 热效应探测器(14),其具有第二测量电桥,所述第二测量电桥由两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化活性的测量单元(62,62a),其与两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化非活性的单元(66,66a)一起构成,以及

• 共同的分析单元(26),

其中在该分析单元(26)中借助在这两个测量电桥上所存在的电桥电压来确定氢气(H_2)的含量并同时确定氧气(O_2)的含量,

其中在>10体积%的氢气浓度时,直接由该热效应探测器(14)的测量电桥上的电桥电压的经验确定的校准曲线来确定氧气(O_2)的含量。

2.根据权利要求1所述的方法,其中在<2.5体积%的氢气浓度时,由

• 在该热导率探测器(16)上所测量的气体混合物的热导率,

• 借助校准在该热效应探测器(14)上所确定的气体混合物的氢气含量,以及

• 借助温度传感器(30)所确定的气体混合物的温度,

来确定氧气浓度,其中对于在该气体混合物中所存在的水蒸气的蒸汽压力的分析,在假定为饱和的情况下从温度来确定。

3.根据权利要求1所述的方法,其中在<10体积%的氢气浓度时,以冗余的方式通过测量在加热的二氧化锆测量单元(92)上所分接的电压来确定氧气(O_2)的含量。

4.根据权利要求3所述的方法,其中如果借助该热导率探测器(16)和/或该热效应探测器(14)所确定的氢气浓度>10体积%,那么就关闭该二氧化锆测量单元(92)的加热。

5.一种用于定量分析气体混合物的成分的测量装置(2),其包含有

• 热导率探测器(16),其具有第一测量电桥,所述第一测量电桥由两个相同种类的、与测量气体隔离的、催化非活性的测量单元(70,70a),与所述两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化非活性的单元(66,66a)一起构成,

• 热效应探测器(14),其具有第二测量电桥,所述第二测量电桥由两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化活性的测量单元(62,62a),其与两个相同种类的、被测量气体环流过的、催化非活性的单元(66,66a)一起构成,以及

• 共同的分析单元(26),

其中该分析单元(26)被设置用于实施根据权利要求1至4之任一所述的方法。

6.根据权利要求5所述的测量装置(2),其具有可加热的二氧化锆测量单元(92),用于在<10体积%的氢气浓度时在该分析单元(26)中冗余地确定氧气(O_2)含量。

7.一种用于在严重的事故情况下核电厂(6)的反应堆外壳(4)中的气氛的监控系统,其具有根据权利要求5至6之任一所述的测量装置(2)。

用于定量分析气体混合物成分的方法以及所属的测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于定量分析气体混合物、尤其是核设施的反应堆外壳的气氛的成分的方法。本发明另外还涉及一种适于实施该方法的装置。

背景技术

[0002] 在具有储存核燃料的核技术装置中(比如核电站、加工设备、中转仓库),在事故或意外情况下,根据相应的事故情况并根据必要时采取的对策而必须考虑可能大量释放氢气。在此在与所存在的氧气进行失控反应的情况下可能导致爆燃或甚至导致爆炸,这导致外罩或反应堆外壳的损坏。

[0003] 尤其在相对严重的、可能发生核融化的事故情况下,在该反应堆外壳中的氢气释放可能出现尤其高的浓度(比如30体积%),使得在存在反应堆外壳罩的高非密封性时,也可能导致在周围反应堆建筑中氢气的大量释放,如在福岛的事故情况中所发生的。

[0004] 为了监控用于获得反应堆外壳完整性而采取的保护措施(比如催化重组效应)以及在采取“严重事故”措施之前(比如惰化措施和/或反应堆外壳通风),必须知道反应堆外壳气氛和周围建筑构件可燃性的相关参数。

[0005] 尤其在惰化反应堆外壳(通常是沸水反应堆外壳)中,为了判断状态并为了可能需要有针对地采取措施,除了氢气浓度之外,有意义的是获得惰性状态并从而同时知道氧气浓度的发展。

[0006] 原则上重要的是:早知道反应堆外壳气氛中H_2的释放以分析事故变化并规划要采取的措施。从而在下部测量范围(直至燃烧下限)中需要比在事故情况的宽范围内(>10体积%)更高的测量精确度。

[0007] 出于该原因,H_2测量具有安全性相关的意义,并通常冗余(也即防单独故障)地实施。

[0008] 现有的用于判断反应堆外壳气氛或事故进展的测量系统为了H_2测量而需要一种耗费的具有构造截止阀的采样系统、以及一种耗费的用于水汽冷凝和冷凝水导出的气体处理系统。为了测量H_2和O_2浓度,需要两个单独的具有相应专用功能和相应数据处理电子单元的传感器。

[0009] 从反应堆外壳外部导出的相对大的样本流及其放射性恶化了传感器及其电子装置的放射性能力,或者使其针对这种应用的能力完全丧失。

[0010] 另外该系统还具有大的电能需求,和/或需要冷却水以冷凝水蒸气。然而尤其在将判断为“全站停电”的情况下供电是有问题的,或者不保证供电。

[0011] 缺点尤其是,由于水蒸气冷凝而必须重新计算H_2或O_2浓度的真实浓度,也即仅能够间接地确定。这从而不再是直接的测量。为了通过该方法确定/计算真实发生的浓度,还需要其他的压力和温度测量。

发明内容

[0012] 本发明所基于的任务是，提供一种用于定量分析气体混合物成分的方法，该方法避免了前述的缺点。尤其在严重的条件下，如在核设施的严重的事故情况下，也应该实现对物理参数的简单、可靠和尽可能直接的确定，其中这些物理参数表征了气体混合物的点火场和燃烧特性。

[0013] 另外还应提供一种适于实施该方法的装置。

[0014] 关于该方法，该任务根据本发明通过根据权利要求1所述的特征而得到解决。关于该装置，该任务通过根据权利要求5所述的特征而得到解决。

[0015] 根据本发明的概念与现有技术不同之处在于，其集成了基于惠斯登电桥电阻测量的两种测量方法，也即实现了冗余的以及差异性的H_2测量，其另外还允许同时测量/平衡O_2含量。

[0016] 一个测量桥按照催化热效应原理来工作(WT探测器)，另一测量桥按照导热性原理来工作(WL探测器)。热导率探测器和热效应探测器的信号被传导给分析电子装置以进行放大和分析。电子装置可以处理多个传感器。

[0017] 两个放射不敏感的测量室优选地位于耐压和耐高温传感器壳体中，并防地震地相互阻挡。测量室通过可能由烧结金属制成的膜而与反应堆外壳气氛相连。要测量的可燃气体氢气(可替选的一氧化碳)以及氧气主要通过扩散而被传输到测量单元中。

[0018] 附加地，在测量位置处还有比如基于电阻温度测量或热应力测量的温度传感器，其比如可以用于确定在假定为饱和蒸汽条件下的蒸汽含量。

[0019] 氢气浓度的测量优选以差异性冗余的方式由该WL探测器和WT探测器来实施。

[0020] 在下部测量范围直至燃烧下限，通过WT方法以事故情况开始时所需的相对高的测量精确度(比如+/-0.25体积%)来进行测量。

[0021] 在气氛的氧气含量低于H_2/O_2混合物的化学计量成分时，该WT探测器的惠斯登电桥电路的测量值利用氧气测量的校正曲线而被分析。O_2浓度从而可以被直接测量。

[0022] 如果通过比较得知两个测量桥的信号是相同的(考虑测量精确度/公差)，那么就可以有利地间接地借助该WL探测器由测量气体的总热导率的测量来确定O_2浓度。为此，基于的是合理地假定在反应堆外壳中气氛成分的单热导率分量。因为最初的空气浓度是已知的，所以可以由H_2测量和蒸汽浓度来确定N_2浓度。蒸汽浓度可以在假定饱和蒸汽条件下由温度测量来确定。结果O_2确定的误差在此主要取决于H_2测量的误差，并且H_2含量测量得越精确，误差越小。

[0023] 根据本发明的概念的主要优点相对于现有技术可以总结为如下：

[0024] • 在传感头中冗余的以及差异性的氢气测量

[0025] • 组合的H_2爆燃范围测量(0-10体积%)以及宽范围测量(直至100体积%)

[0026] • H_2测量不需要氧气(对于惰化反应堆外壳尤其重要)

[0027] • 在燃烧下限的范围中高的精确度(在4体积%比如为+/-0.25体积%)

[0028] • 同时测量和/或平衡O_2浓度

[0029] • 从而能够判断点火场和燃烧特性(爆燃、爆炸)

[0030] • 在具有<5体积%的O_2浓度和H_2过剩的惰化反应堆外壳中直接进行H_2/O_2测量

[0031] • 就地测量

[0032] • 在反应堆外壳外部不需要进行放射性引导

[0033] • 不需要反应堆外壳截止阀

[0034] • 不需要提供测量气体

[0035] • 高的放射性抵抗能力，因为不必采用有机部件

[0036] • 在“恶劣环境”(反应堆外壳)中没有敏感电子装置

[0037] • 低的能量消耗(<500W)，其在“全站停电”时可以通过独立蓄电池单元来供电

[0038] • 较低的故障率

[0039] • 更快的测量周期(在线测量)

[0040] • 更小的空间需求

[0041] • 更简单的测量技术

[0042] • 更低的投资成本

[0043] • 更简单的升级

[0044] • 简单的校正

附图说明

[0045] 下面借助附图来进一步解释本发明的实施例。其中以极其简单和示意性的图示：

[0046] 图1示出了用于测量在气体混合物中所含气体组分、在此为核电厂反应堆外壳中气氛中氢气和氧气的浓度的测量系统，

[0047] 图2示出了在图1的测量系统中可采用的电阻电桥的一种尤其有利的实施方式的原理电路图，以及

[0048] 图3示出了图1的测量系统的热效应传感器的校正曲线图。

具体实施方式

[0049] 在图1中示意地概括示出的测量装置2主要用于同时确定在测量气体中、尤其在核电厂6中也称作反应堆外壳4的安全密封壳的气氛中氢气(H_2)和氧气(O_2)的含量。也被称作安全罩8的反应堆外壳罩本身在此仅局部地示出。

[0050] 该测量装置2为此包含有两个在空间上直接相互靠近地设置在该反应堆外壳4中的测量室10、12。这意味着，这两个测量室10、12的间距相对于该反应堆外壳4的尺寸是如此小，尤其小于10cm，使得可以称为在空间测量点上的本地测量。

[0051] 测量室之一、也即该测量室10形成了催化热效应探测器、简称为WT探测器14或WTD的传感头，其中该探测器按照催化燃烧或重组原理来运行。另一测量室12形成了热导率探测器、简称为WL探测器16或WLD(或按照英语名称Thermal Conductivity Detector的TCD)的传感头。

[0052] 这两个测量室10、12在该实施例中固定在一个共同的电气接线室18上，其中电气连接线20(信号线和供电线)从该接线室开始通过安全罩8中的防事故的连接插头22和耐压的线缆入口24引导至布置在该反应堆外壳4外部的电子分析单元26，该电子分析单元具有集成的或外部的电源。被引导穿过该反应堆外壳4的连接线20比如通过矿物绝缘线缆来实现。该分配在此符合目的地如此来选择，使得在该反应堆外壳4内部的测量室10、12中仅布置有为实现测量原理所需的以及相对抗辐射和鲁棒的电气测量单元，而该分析电子装置的

敏感的部件位于该反应堆外壳4之外。

[0053] 两个测量室10、12的辐射不敏感的测量单元分别位于耐压和耐高温的壳体中，并且防地震地相互阻挡(verbaut)。测量室10、12分别通过可由烧结金属制成的膜28而在流动方面与该反应堆外壳气氛相连。要测量的气体主要通过扩散而被传输到测量室10、12中。

[0054] 另外，在该反应堆外壳4内，与该WT探测器14和WL探测器16在空间上直接靠近地设置有受测量气体冲击的抗放射的温度传感器30，其连接线同样通过在该安全罩8中的该连接室18和该线缆入口24而引导到该电子分析单元26。该温度传感器30比如由热元件构成。

[0055] 在一种未示出的变化方案中，该WT探测器14和该WL探测器16以及必要时该温度传感器30可以集成在共同的测量室中。

[0056] 该WL探测器16典型地包含有金属块，该金属块具有至少两个相同构造的测量单元32、34。该测量单元之一32被要分析的气体、样本气体或测量气体穿流过，另一测量单元34持久地与周围流过的测量气体相隔离，以及代替地被具有优选已知的并保持相同成分的纯气体穿流过。相对于测量气体体积密封的测量单元34用于进行比较测量。

[0057] 在这两个测量单元32、34中分别具有一个比如由铂金、钨、镍或其合金制成的加热丝(也称为灯丝)，该加热丝被加热到比其周围的探测器块更高的温度。从而由该加热丝通过围绕的气体流向该探测器块产生连续的暖流，其中暖流与气体的热导率(并从而与成分)相关。关于该测量气体成分的变化从而引起该测量单元32中的温度变化，并从而引起在该加热丝中电阻的变化。该测量原理从而基于的是该样本气体流相对于参照气体流的热导率差的连续测量。

[0058] 通过把测量和参照单元32、34连接成惠斯登电桥电路，可以作为电压差来测量和记录加热丝的温度差。在此这两个测量单元32、34的加热丝构成了按照分压器类型而设置的两个电阻，其通过处于其间的桥臂与并联的分压器相平衡。如此所测量的探测器信号在此与样本浓度、在此比如测量气体中H_2的浓度成比例地一阶近似。

[0059] 在图1所示的变化方案中，在该测量室12中总共设置了四个测量单元32、32a、34、34a，其成对地作为测量和参照单元来共同作用。在两个分压器支路中的每一个中从而设置了各一个测量以及一个参照单元，其中这两个分压器支路通过对角线之一而被提供运行电压，并在另一对角线(桥臂)上通过电压测量单元而相互被平衡。该电压测量单元在此集成在设置于该反应堆外壳4外部的分析单元26中的热导率分析模块36的构造中。

[0060] 在一个未示出的具有总共两个测量单元32、34的可选变化方案中，与由测量单元和参照单元所构成的分压器相对的分压器可以由两个固定电阻构成，这两个固定电阻尤其可以外置于该分析单元36中。

[0061] 该WT探测器14同样以本身所公开的方式来运行：

[0062] 通过测量室10的尤其以多孔烧结金属片构造的膜28，测量气体进入测量室10。其中有两个由电阻丝构成的加热元件，加热元件通过施加加热电压而被加热到约500至600℃的工作温度。加热元件之一、催化燃烧器(pellistor)40在表面上用催化剂42涂层，使得可能存在的氢气(H_2)在同时存在氧气(O_2)的情况下被催化燃烧或被无焰重组为水蒸气(H_20)。由此导致的温度升高导致在催化燃烧器40的加热丝中电阻的升高。该第二加热元件、补偿器44覆盖了化学惰化层，并用作催化燃烧器40的参照电阻。导致加热元件温度变化的、诸如温度和湿度的环境影响以这种方式被补偿。

[0063] 由催化燃烧器40和补偿器44构成的测量单元46、48的在重组反应中所出现的电阻值差值与WL探测器16中类似地通过惠斯登测量电桥而被测量。在图1所示的变化方案中另外还把该第二分压器支路的两个固定电阻50、52外置于该外部分析单元26中。在该热效应分析模块54中来进行电桥电压的测量。

[0064] 尤其按照无间断供电(USV)原理构造的独立的电流/电压供电单元56承担了电桥电路和分析模块的电流/电压供给。

[0065] 通过管路90可以出于测试和校准目的而把明确定义的、成分已知的测试气体导入到测量室10、12中。

[0066] 在该热导率分析模块36和热效应分析模块56中所探测的电桥电压比如直接在所述模块中和/或在后接的测量数据处理模块58中以下述的方式被处理。

[0067] 在图2中示意示出了电阻电桥电路的一种尤其有利的变化方案，其中该WT探测器14和该WL探测器16集成在具有两个测量电桥的共同的电路中。

[0068] 双电桥电路60包含有两个相同种类的催化活性的测量单元62、62a，其被测量气体环流或穿流过，这示意地通过流道64来表示。其另外还包含有两个相同种类的催化非活性的测量单元66、66a，测量单元同样被测量气体环绕或穿流过，这示意地通过流道68来表示。代替地，这些测量单元也可以设置在共同的测量气体流道中，只要通过合适选择的最小间距来避免活性测量单元向非活性测量单元的热串扰。最后还有两个相同种类的、催化非活性的测量单元70、70a，其与测量气体相隔离，这示意地通过相对于环境密封的并尤其填充有参照气体的比较空间72中的布置来表示。

[0069] 布线如此来选择，使得中间的催化非活性的、被测量气体环流过的测量单元66、66a不仅为上面的催化活性的、被测量气体环流过的测量单元62、62a，而且为下面的催化非活性的、相对于测量气体密封的测量单元70、70a来提供作为参照单元。在此，中间的催化非活性的、被测量气体环流过的测量单元66、66a一方面与上面的催化活性的、被测量气体环流的测量单元62、62a一起构成了根据热效应原理的探测器(WT探测器14)，并另一方面与下面的催化非活性的、相对于测量气体密封的测量单元70、70a一起构成了根据热导率原理的探测器(WL探测器16)。称呼“上面、下面、中间”当然仅用于更容易地理解附图，并不具有对测量单元的实际空间位置的限定。

[0070] 具体地说，各一个催化活性的、被测量气体环流的测量单元(比如62)与其交叉相对的、催化非活性的并且被测量气体环流的测量单元(比如66a)构成了该WT探测器14的分压器，其通过该桥臂74耦合到这两个分压器的另一个上。在该桥臂74中连接了用于测量WT桥电压的电压测量设备76。该电桥电路的电压供给通过该电压源78来完成。

[0071] 对于镜像接线的具有测量单元66、66a和70、70a的WL探测器16类似地适用上述的实施。在此电压源80承担测量电桥的电压供给，并在该桥臂82中连接了用于测量WL桥电压的电压测量设备84。

[0072] 该电路相对于其他可考虑的变化方案的一个重要优点是，需要较少的线缆来引导至该传感器。

[0073] 由于该WL探测器16的相对低的灵敏度，其在当前情况下优选地用于在>10体积％至30体积％直至100体积％的上测量范围(所谓的事故情况宽范围)中测量H_2的浓度。

[0074] 另外该WL探测器16还可以用于在<10体积％的下测量范围中粗略测量H_2的浓度，

尤其用于比较测量以及用于与WT探测器14相一致性平衡。

[0075] 如果在该测量气体中仅有少量的或甚至没有氧气，那么借助该WL探测器16尤其可以进行测量气体中H_2浓度的测量。这是可以的，因为该WL探测器16的功能如上所述与该测量气体中O_2的存在性无关。氧气不足的这种状况可以借助该WT探测器14来可靠地识别，因为在此通常要进行的催化重组取决于测量气体中的足够的氧气含量。

[0076] 最后，由该WL探测器16所测量的H_2浓度用作输入量，以用于与WT探测器14相互作用来催化辅助地确定O_2浓度，如下文所述。

[0077] 在足够的、优选至少化学可计量的、用于开始和维持重组反应的O_2含量情况下，该WT探测器14优选地用于在下测量范围<10体积％中测量H_2浓度。从而正是在严重的事故情况的开始阶段实现了可靠和快速地识别H_2释放，并实现了相应浓度变化曲线的监控。

[0078] 因为H_2/O_2重组的效率并从而由该WT探测器14所测量的电桥电压与测量气体中两种气体组分的含量有关，所以原则上也可以借助该WT探测器14来确定O_2浓度。

[0079] 在充分高的比如>10体积％的H_2浓度下，基于之前经验性地通过系列试验所确定的以及必要时理论上所发现的电桥电压特征曲线这可能一方面与H_2浓度并另一方面与O_2浓度直接相关。总之在所述的H_2高浓度状况下通过校准WT探测器14上的催化反应的测量信号来进行O_2浓度的测量。

[0080] 这示例地在图3中示出：在此示意地作为以体积％为单元的O_2浓度C(O_2)的函数而记录了在该WT探测器14上所测量的以mV为单位的电桥电压U，也即针对三种不同的H_2浓度(10、20和30体积％)来作为该曲线组的参数。在所示的区间中该曲线走向近似成直线。在尤其通过该WL探测器16的测量值而已知H_2浓度的情况下，从而可以由所测量的电桥电压明确地根据曲线组来读出O_2浓度(必要时通过内插)。

[0081] 类似的特征曲线可以针对作为H_2浓度的函数的电桥电压利用O_2浓度作为组参数而被确定。

[0082] 在比如<2.5体积％的低H_2浓度并从而降低了催化反应的情况下，通过利用WL探测器16测量该测量气体的总热导率、并通过分解单热导率和气体浓度，按照补充假定-尤其在假定饱和蒸汽条件下通过温度测量确定蒸汽浓度，来间接地并半解析地进行O_2浓度的确定。

[0083] 在这种情况下，所述分析比如基于的是以下的假定：

[0084] 如果假定在该反应堆外壳中在293K的环境温度下首先存在空气(air)，并然后在事故情况开始时首先主要释放氢气(H_2)和水蒸气(H_2O)，然后在假定该反应堆外壳中质量守恒的情况下对于浓度C和压力p适用以下公式：

[0085] (1) $C(总)=C(air)+C(H_2)+C(H_2O)=1$

[0086] (2) $p(总)=p(air)+p(H_2)+p(H_2O)$

[0087] 开始所存在的空气主要由氧气(O_2)和氮气(N_2)组成，其中在该反应堆外壳中的氧气浓度在事故情况发展过程中通过氧化反应而变化，而氮气是惰性的并不参与反应。在开始存在的空气中其含量已知约为79％：

[0088] (3) $C(N_2)=0.79C(air)$

[0089] 借助该WL探测器16所测量的测量气体的总热导率以良好的近似由组分H_2、O_2、N_2和H_2O的单热导率加性叠加：

[0090] (4) $\lambda(总)=\lambda(H_2)C(H_2)+\lambda(O_2)C(O_2)+\lambda(N_2)C(N_2)+\lambda(H_2O)C(H_2O)$

[0091] 在此λ表示由文献所公开的特定的热导率。

[0092] 另外，单浓度可以如下通过单个组分的分压来表示：

[0093] (5) $C(H_2O)=p(H_2O)/p(总)$

[0094] (6) $C(H_2)=p(H_2)/p(总)$

[0095] (7) $C(H_2O)=p(H_2O)/p(总)$

[0096] 空气的分压可以借助理想的气体定律p＝k T按照如下来近似：

[0097] (8) p(air)＝1bar*T/293K

[0098] 在此T表示测量气体的温度，其通过该温度传感器30来测量。该常数k被标准化为在环境温度293K(＝20℃)时为1bar的环境压力。

[0099] 如果另外还假定了饱和水蒸气条件(在液态和蒸汽态相平衡时的平衡蒸汽压力)，那么就可以作为所测量的温度的函数由标准表格来查阅水蒸气H_2O的分压：

[0100] (9) $p(H_2O)=p_{蒸汽}(T)$

[0101] 如果现在把公式(1)至(3)和(5)至(9)代入到公式(4)中，并按照氧气浓度来解析，那么就得到一个公式，其仅与直接可测量的量λ(总)、$C(H_2)$和T有关，并与由文献所公开的参数$\lambda(H_2)$、$\lambda(O_2)$、$\lambda(N_2)$、$\lambda(H_2O)$以及同样与已知的水蒸气H_2O的饱和蒸汽压力曲线有关：

[0102] (10) $C(O_2)=F(\lambda(总),C(H_2),T|\lambda(H_2),\lambda(O_2),\lambda(N_2),\lambda(H_2O))$

[0103] 以这种方式就可以在有关的假定$C(O_2)>C(H_2)$以及$C(H_2)\approx<2.5$体积％下由WL探测器16的测量值λ(总)、利用与前述类似的校准方法所获得的WT探测器14的测量值$C(H_2)$以及借助温度传感器30所获得的测量气体的温度T的测量值来确定氧气浓度$C(O_2)$。

[0104] 另外假定主要的误差量由所测量的H_2浓度引起，那么对于测量误差(标准偏差)以高斯近似就得到了一个标准误差计算：

[0105] (11) $\Delta C(O_2)\approx(\lambda(H_2)/\lambda(O_2))\,\Delta C(H_2)\approx 7\,\Delta C(H_2)$

[0106] 从而所确定的O_2浓度的值确实不可避免地具有误差，该误差约为H_2浓度的测量误差的7倍大。在所涉及的由严重事故情况的开始阶段的实际特性所保证的假定下，其仍然是一个合理的近似。

[0107] 上述的分析和计算符合目的地自动地在该测量数据分析模块58中来实施，其中该测量数据分析模块通过相应的硬件和/或软件针对该任务来升级。

[0108] 在此优选地对由这两个探测器14和16所提供的测量值进行一致性平衡，并借助上述的标准来自动选择在所给定状况下最适合的分析方法。

[0109] 如前所述可以获知，在<10体积％的小的H_2浓度范围内按照催化热效应的方法来确定O_2浓度，或者通过热导率和催化热效应的组合不精确地、尤其在>15体积％的高O_2浓度的测量范围内来确定O_2浓度。如果在气氛中(总之在传感头的周围)的全部的H_2含量通过催化反应来转化，那么这尤其可能发生。

[0110] 为了也能够在这种关系下可靠地并以相对高的精确度来确定O_2浓度，如果在气氛中仅存在少量的或甚至没有氢气，那么就有利地除了WL/WT测量单元之外还把二氧化锆测量单元92集成在传感头中。测量所需的参照气体(优选空气)在此位于与环境密封地密闭的传感头室中。比如借助电加热元件加热的二氧化锆膜94把该参照气体与反应堆外壳气氛分开。

[0111] 该功能原理如下:自约650℃的温度起,在二氧化锆(ZrO_2)中发生以下的基本物理机制:

[0112] • ZrO_2分离氧离子,并变成氧气的固体电解质。通过施加电流源,可以把周围的氧气传输穿过ZrO_2。

[0113] • 因为ZrO_2在所述的温度下具有如同电解质的特性,所以如果在该ZrO_2元件的界面上存在氧气压力差,那么就可以测量到电压(所谓的能斯脱电压)。

[0114] 从而能够借助加热的ZrO_2测量单元92以电位计的形式来确定在周围的气氛中相对于参照气体的氧气含量。相应的测量信号通过另外的信号线96传输给该分析单元26,并那里被分析,由此确定在测量气氛中的O_2浓度。

[0115] 从而在所述小的H_2浓度(<10体积%)的范围中基于ZrO_2的测量用作冗余的测量方法,并且其能够在整个O_2测量范围(通常0至25体积%)上实现高的精确度。

[0116] 在H_2浓度>10体积%时,在不利的O_2浓度下可能由于加热ZrO_2测量在所述温度下导致H_2含量的自发转换(氢氧反应、点燃)。为了避免该过程,在>10体积%的较高的H_2含量时由共同的分析电子装置来关闭基于ZrO_2的测量,尤其去活用于加热ZrO_2膜94的加热元件。为此所需的H_2浓度的测量值优选地由热导率测量来提供。在>10体积%的H_2浓度的范围中,那么继续如上所述通过组合的WL/WT测量来完成O_2浓度测量。

[0117] 虽然该测量装置2在此目前仅结合在核电厂的反应堆外壳中气氛的监控来进行阐述,但显然其也可以应用在其他的核设施中,比如中转仓库或加工设备中。此外还可以考虑应用在应考虑氢气和氧气释放并相应存在氢氧爆炸危险的任何工业设备中。该测量原理最后还可以变换到其他的能够相互催化重组的气体上。

[0118] 参考符号列表

[0119]	2	测量装置
[0120]	4	反应堆外壳
[0121]	6	核电厂
[0122]	8	安全罩
[0123]	10	测量室
[0124]	12	测量室
[0125]	14	WT探测器
[0126]	16	WL探测器
[0127]	18	接线室
[0128]	20	连接线
[0129]	22	连接插头
[0130]	24	线缆入口
[0131]	26	分析单元
[0132]	28	膜
[0133]	30	温度传感器
[0134]	32,32a	测量单元
[0135]	34,34a	测量单元
[0136]	36	WL分析模块

[0137]	40	催化燃烧器
[0138]	42	催化剂
[0139]	44	补偿器
[0140]	46	测量单元
[0141]	48	测量单元
[0142]	50	固定电阻
[0143]	52	固定电阻
[0144]	54	WT分析模块
[0145]	56	电流/电压供电单元
[0146]	58	测量数据分析模块
[0147]	60	电桥
[0148]	62,62a	测量单元
[0149]	64	流道
[0150]	66,66a	测量单元
[0151]	68	流道
[0152]	70,70a	测量单元
[0153]	72	比较空间
[0154]	74	桥臂
[0155]	76	电压测量设备
[0156]	78	电压源
[0157]	80	电压源
[0158]	82	桥臂
[0159]	84	电压测量设备
[0160]	90	管路
[0161]	92	二氧化锆测量单元
[0162]	94	二氧化锆膜
[0163]	96	信号线

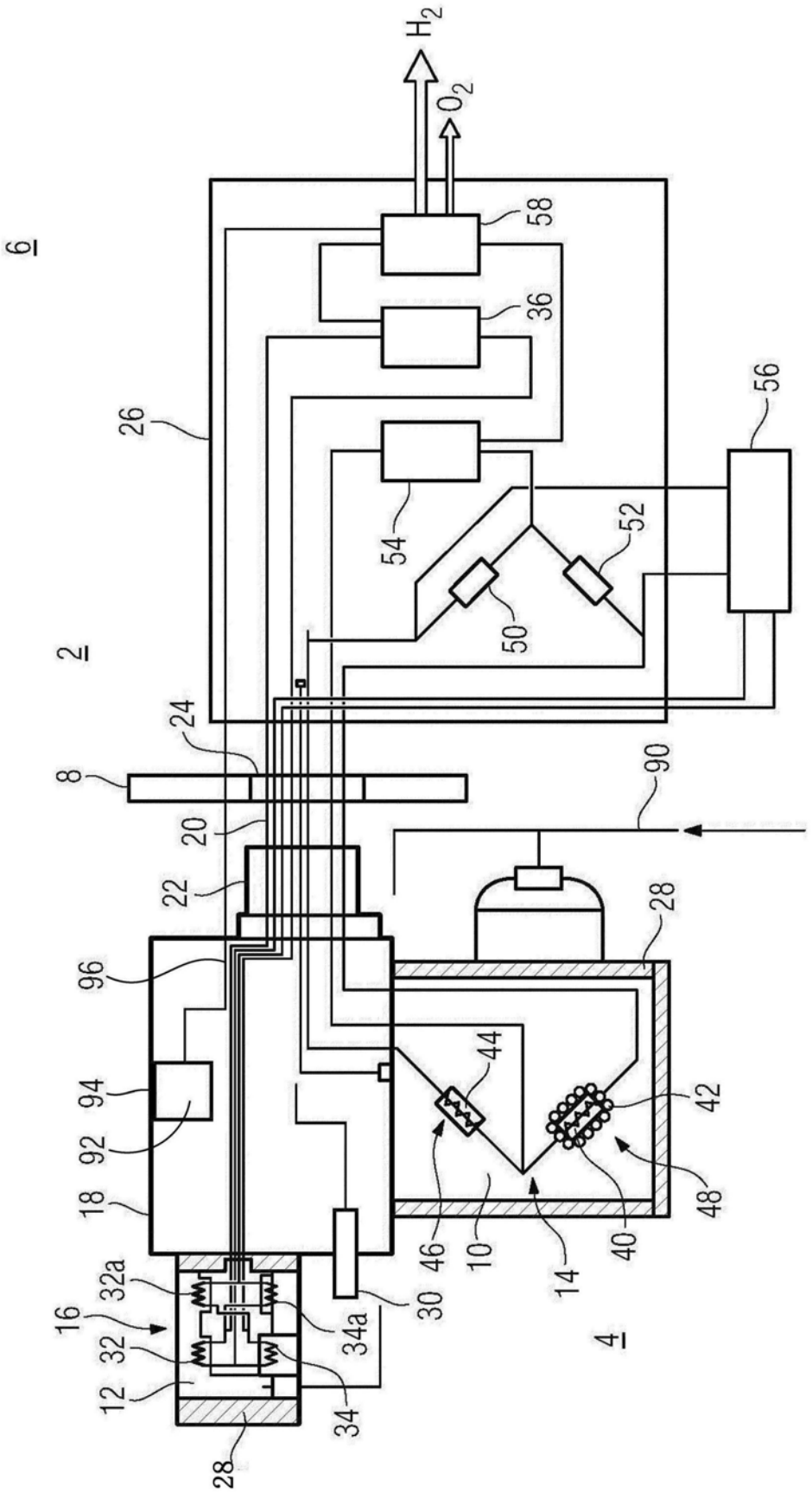

H2
O2
6
58
36
26
56
54
52
50
2
24
8
90
20
22
28
96
44
94
42
92
18
48
46
10
14
40
32a
30
16
34a
32
4
12
34
28

图1

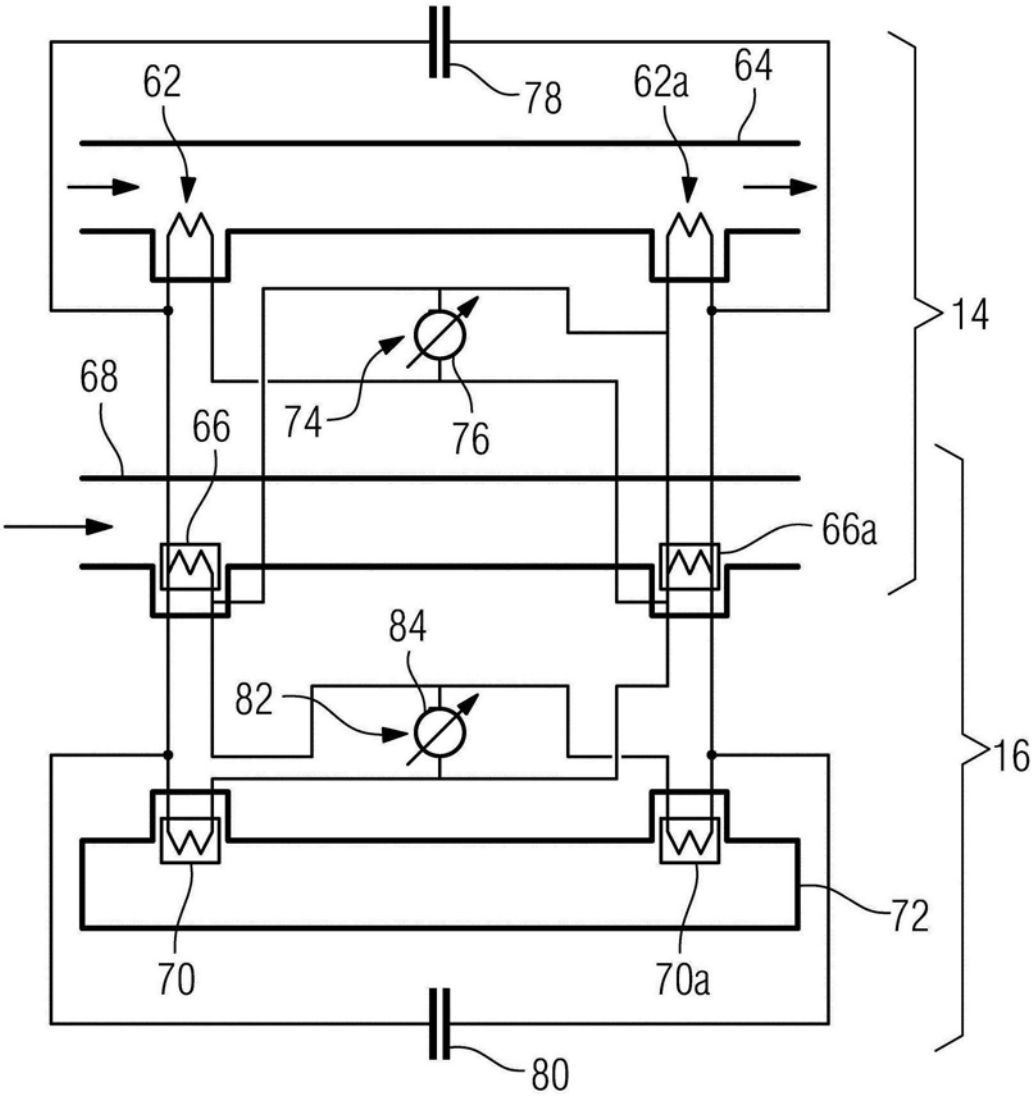


图2

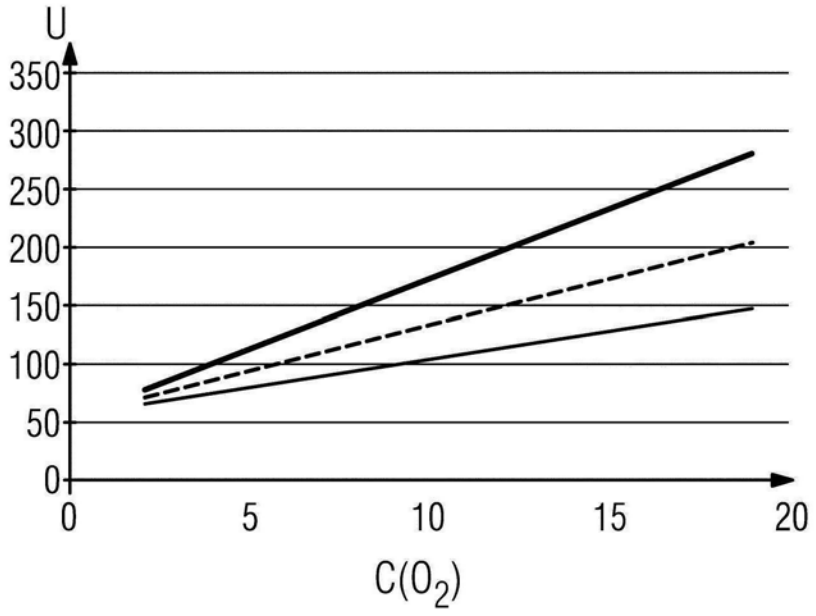


图3