



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105493197 B

(45)授权公告日 2018.03.30

(21)申请号 201480046605.2

(22)申请日 2014.08.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105493197 A

(43)申请公布日 2016.04.13

(30)优先权数据
13/974,384 2013.08.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.02.23

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/051041 2014.08.14

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/026619 EN 2015.02.26

(73)专利权人 西屋电气有限责任公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72)发明人 M·D·海贝尔

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 宋岩

(51)Int.Cl.
G21C 17/06(2006.01)

(56)对比文件
US 4501988 A, 1985.02.26,
CN 101526623 A, 2009.09.09,
US 4623508 A, 1986.11.18,
US 5425064 A, 1995.06.13,

审查员 周桂芳

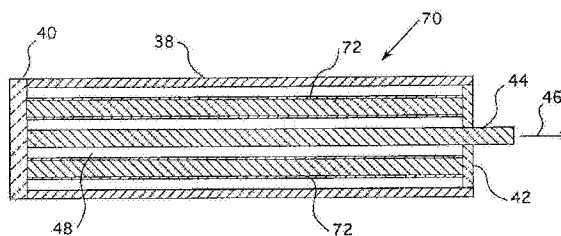
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

电离室辐射探测器

(57)摘要

一种用于探测探测器周围的中子数的堆芯内核探测器。探测器是具有圆柱外部电极的电离室,圆柱外部电极与中心电极绝缘并被封盖从而包含氩气。产生大体上正比于局部中子数的瞬发中子俘获伽马辐射的电子辐射体被设置在外部管状电极和中心电极之间。



1. 一种当被暴露于中子场时具有增强的伽马辐射响应的电离室辐射探测器 (70), 包括:

外部管状电极 (38), 具有上端部和下端部;

电绝缘的下端帽 (40), 闭合外部管状电极 (38) 的下端部;

电绝缘的上端帽 (42), 闭合外部管状电极 (38) 的上端部;

中心电极 (44), 大体上从下端帽 (40) 向上延伸并通过上端帽 (42); 以及

电子辐射体 (72), 产生大体上正比于局部中子数的瞬发中子俘获伽马辐射, 该电子辐射体 (72) 设置在外部管状电极 (38) 和中心电极 (44) 之间。

2. 如权利要求1所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 被构造为包括具有高Z值的材料, 瞬发中子俘获伽马辐射通过光电和康普顿散射机制与所述具有高Z值的材料相互作用。

3. 如权利要求1所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 被构造为包括选自包含铂、金、锰、钨和镅的一组金属的一种或多种材料。

4. 如权利要求1所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 被构造为主要包括含锰、钨和镅的一组金属。

5. 如权利要求4所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 至少部分地涂覆有铂或金中的任一个或者二者。

6. 如权利要求1所述的电离室辐射探测器 (70), 包括围绕中心电极 (44) 隔开的多个电子辐射体 (72)。

7. 如权利要求6所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 大体上在下端帽 (40) 和上端帽 (42) 之间延伸。

8. 如权利要求1所述的电离室辐射探测器 (70), 其中, 电子辐射体 (72) 大体上在下端帽 (40) 和上端帽 (42) 之间延伸。

9. 一种具有多个堆芯内探测器 (62) 的核反应堆功率分布监测系统 (66), 所述多个堆芯内探测器 (62) 监测核反应堆 (52) 的堆芯 (54) 内的不同轴向和径向位置处的功率, 堆芯内探测器包括电离室辐射探测器 (70), 电离室辐射探测器 (70) 包括:

外部管状电极 (38), 具有上端部和下端部;

电绝缘的下端帽 (40), 闭合外部管状电极 (38) 的下端部;

电绝缘的上端帽 (42), 闭合外部管状电极 (38) 的上端部;

中心电极 (44), 大体上从下端帽 (40) 向上延伸并通过上端帽 (42); 以及

电子辐射体 (72), 产生大体上正比于局部中子数的瞬发中子俘获伽马辐射, 该电子辐射体 (72) 设置在外部管状电极 (38) 和中心电极 (44) 之间。

10. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统 (66), 其中, 电离室辐射探测器 (70) 是在堆芯内不同的径向位置处大体上横穿堆芯 (54) 的轴向长度的可移动堆芯内探测器。

11. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统 (66), 其中, 电子辐射体 (72) 被构造为包括具有高Z值的材料, 瞬发中子俘获伽马辐射通过光电和康普顿散射机制与所述具有高Z值的材料相互作用。

12. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统 (66), 其中, 电子辐射体 (72) 被构

造为包括选自包含铂、金、锰、钨和镉的一组金属的一种或多种材料。

13. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统(66),其中,电子辐射体(72)被构造为主要包括含锰、钨和镉的一组金属。

14. 如权利要求13所述的核反应堆功率分布监测系统(66),其中,电子辐射体(72)至少部分地涂覆有铂或金中的任一个或者二者。

15. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统(66),包括围绕中心电极(44)隔开的多个电子辐射体(72)。

16. 如权利要求15所述的核反应堆功率分布监测系统(66),其中,电子辐射体(72)大体上在下端帽(40)和上端帽(42)之间延伸。

17. 如权利要求9所述的核反应堆功率分布监测系统(66),其中,电子辐射体(72)大体上在下端帽(40)和上端帽(42)之间延伸。

电离室辐射探测器

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及用于监测核反应堆的堆芯内的功率分布的装置,更具体地,涉及具有增强的裂变伽马辐射响应的电离室探测器。

背景技术

[0002] 在许多当前运行的依赖如在反应堆控制和保护系统中所使用的核通量测量的年久的反应堆中,设置有辅以堆芯内通量映射系统的堆芯外探测器,这早在1967年就开始使用;其中堆芯内通量映射系统原本打算提供堆芯设计的证据和一些校准测量值。

[0003] 随着朝向更大的反应堆堆芯不断增长的趋势,对于堆芯功率分布的可能不利影响以及堆芯外探测器能否充分地探测到这种可能的不利功率分布一直有一些担心。测试数据表明,当前使用的分割部分堆芯外探测器对轴向倾斜做出响应,但是倾斜测量值的精度受到探测器阱处的几何形状和采用的构成材料的影响,并且受到容器和探测器之间的间距的影响。已经为这些影响开发了校正因子,但是对于堆芯外探测器是否将会在所有情况下提供对不利功率分布的充分警报存在一些问题。

[0004] 为了避免前述担心,开发了一种用于采用可移动堆芯内探测器通过提供更准确、详细、自动、经常更新的反应堆堆芯功率分布的数据读出来自动地监测功率分布的方法。该方法(在1976年1月13日公告并转让给本发明的受让人的美国专利No. 3,932,211中被教导)根据预定的、间歇性的、定时的程序在正常功率运行期间将可移动探测器插入到反应堆堆芯区域中。执行周期性堆芯功率分布测量的测量系统通常控制多达六个可移动探测器的同时插入和撤出,直到从所有规定的堆芯径向位置获得测量值为止。所使用的每个探测器通过共同的径向位置插入,以确保探测器的灵敏度可被归一化,从而允许从具有不同的绝对灵敏度的探测器产生准确的“相对”堆芯功率分布。

[0005] 优选地,多个可移动探测器被布置在电冗余分组中并且通常存储在堆芯的反应性区域外的反应堆热环境中,以最小化热循环。在操作中,探测器被驱入反应堆中,通过反应堆容器的下头部,通过堆芯支撑板,并通过规定的燃料组件底部喷嘴到达燃料组件仪表管,通过该燃料组件仪表管探测器延伸到期望的堆芯高度。如预定的、定时的程序所规定的,替代的探测器分组以由反应堆堆芯物理学控制的交错的时间间隔沿着堆芯内的仪表套筒内的相应线性路径被驱动。编程的探测器驱动序列在给定的受控反应性变化之后自动地重新启动,从而向反应堆操作者提供最有意义的的数据输入。

[0006] 可移动堆芯内探测器现在被沸水堆和压水堆二者用来执行堆芯功率分布的周期性详细测量。所使用的可移动探测器主要对中子或伽马辐射之一敏感。在压水堆和沸水堆二者中最常用的探测器类型是裂变室式的探测器。在该设计中,从探测器输出的信号正比于围绕探测器的热中子数。热中子数正比于局部裂变率和局部堆芯功率水平。该响应是通过在探测器的结构中使用大量的高度浓缩的 U_{235} 而生成的。由于 U_{235} 是一种特殊的核材料,所以购买和操作可移动裂变室的成本相当高。可移动裂变室也相当精密,所以它们经常遇到机械故障。与使用可移动裂变室相关联的主要技术优点是输出信号和局部热中子数之间

的直接关系以及热中子数与局部堆芯功率生产率所具有的直接关系。图1提供了微型裂变室10的布局示意图。微型裂变室具有不锈钢管状壳体12,其封住两端并形成外部电极。 Al_2O_3 陶瓷绝缘体16支撑中心矿物填充的同轴输出电极18,该输出电极18与外部电极12绝缘。不锈钢壳体12围绕中心室14,中心室14填充有氦填料气体22,室14的壁涂覆有90%浓缩的 U_{235} 和 U_3O_8 。介于20和150伏特DC之间的探测器偏压32被保持在两个电极之间。在操作中,入射热中子28在浓缩 U_{235} 内引起裂变事件30,从而产生高能电离的裂变碎片26,该高能电离的裂变碎片26在氦气内产生电离的气体分子24。在中心电极18上的偏压收集电离的气体粒子24,从而得到探测器输出34,该输出与入射热中子28产生的裂变事件30成比例。

[0007] 使用微型电离室10的可移动探测器的设计最近已经被引入用于沸水堆中。这种类型的探测器也产生与局部堆芯功率成比例的信号,但该信号是通过探测器的电离室区域中的伽马辐射的相互作用激发的。这种类型的探测器不需要 U_{235} 作为输出信号的激励,因此这种类型的探测器的成本和维护显著少于用于裂变室式的成本和维护。该探测器还往往比裂变室可移动探测器更耐用。与使用电离室探测器相关联的最大的限制问题是对应于给定局部堆芯功率水平的信号输出要低得多。使用这种类型的探测器要求使用非常敏感和昂贵的信号处理电子产品。考虑到输出信号和局部裂变率或堆芯功率之间的非单值关系,还存在需要包括在堆芯功率分布测量值的不确定性中的不确定性。这种功率分布测量值不确定性增加的可能性会实际上减小反应堆操作者可以实现的最大功率输出。

[0008] 图2提供了微型电离室36的布局示意图的纵向截面,图2B示出了沿着正交于图2A中所示的截面图的截面。微型电离室36具有形成外部电极的外部金属壳体38和支撑中心电极44的绝缘端帽40和42。与微型裂变室10的结构类似,壳体38围绕填充有填充气体48的中心室50。

[0009] 每种类型的可移动探测器都有未达最佳标准的性能特性,这显著增加了探测器系统的操作成本。因此,想要一种改进的探测器,该探测器比当前使用的那些探测器更耐用且更便宜。

[0010] 此外,想要如下的探测器设计:该设计将使不得不考虑在堆芯功率测量值中的不确定性最小化。

发明内容

[0011] 这些和其它目的是通过具有增强的裂变伽马辐射响应的电离室辐射探测器来实现的。电离室具有外部管状电极,该外部管状电极具有由绝缘端帽闭合(close off)的上端部和下端部,绝缘端帽将外部管状电极与中心电极电绝缘,中心电极大体上从下端帽向上延伸并通过上端帽。产生大体上正比于局部中子数(local neutron population)的瞬发中子俘获伽马辐射的电子辐射体被设置在外部管状电极和中心电极之间。可取地,电子辐射体被构造为包括具有高Z值的材料,瞬发中子俘获伽马辐射通过光电和康普顿散射机制与所述具有高Z值的材料相互作用。优选地,电子辐射体被构造为包括选自包含铂、金、锰、钨和镉的一组金属的一种或多种材料,并且更优选地,电子辐射体构造为主要包括含锰、钨和镉的一组金属。

[0012] 在一个实施例中,电子辐射体包括围绕中心电极隔开的多个电子辐射体,并且优选地,电子辐射体大体上在下端帽和上端帽之间延伸。

[0013] 本发明还构思了具有多个堆芯内探测器的核反应堆功率分布监测系统,所述多个堆芯内探测器监测核反应堆的堆芯内的不同轴向和径向位置处的功率。堆芯内探测器中的至少一些包括前述的电离室设计。在一个这样的实施例中,电离室是在不同的堆芯径向位置处大体上横穿(traverse)堆芯的轴向长度的可移动堆芯内探测器。

附图说明

[0014] 当结合附图阅读时,从以下对优选实施例的描述可以得到对本发明的进一步理解,在所附附图中:

[0015] 图1是用作可移动中子探测器的裂变室的截面;

[0016] 图2A是微型电离室的纵向截面的示意表示;

[0017] 图2B是沿与图2A的截面的平面正交的平面截取的微型电离室的示意性截面;

[0018] 图3是具有可以得益于本发明的可移动堆芯内探测器的核反应堆系统的简化示意图;

[0019] 图4A是根据本发明的一个实施例构造的电离室的纵截面视图;以及

[0020] 图4B是图4A中所示的电离室的沿与图4A中所示的截面正交的平面截取的截面。

具体实施方式

[0021] 用压力水冷却的核发电系统的初级侧包括闭合电路,该闭合电路与用于产生有用能量的次级侧隔离并处于热交换的关系。初级侧包括反应堆容器(反应堆容器封闭堆芯内部结构,堆芯内部结构支撑含有裂变材料的多个燃料组件)、热交换蒸汽发生器中的初级回路、加压器的内部容积、用于循环加压水的泵和管道;管道将蒸汽发生器和泵中的每个独立地连接至反应堆容器。初级侧的各部分包括被连接到容器从而形成初级侧回路的蒸汽发生器、泵和管道系统。

[0022] 为了说明的目的,图3示出了简化的核反应堆初级系统,其包括具有封头68的大致圆柱形反应堆压力容器52,封头68封闭核堆芯54。诸如水的液态反应堆冷却剂被泵56泵入反应堆容器52中,通过堆芯54(在该处热能量被吸收),并且被排出到通常被称为蒸汽发生器的热交换器58,在热交换器58中,热量被传递到诸如蒸汽驱动涡轮发电机之类的应用电路(未示出)。然后反应堆冷却剂返回到泵56,从而完成初级回路。通常,多个上述回路通过反应堆冷却剂管道60连接到单个反应堆压力容器52。虽然未示出,但是至少一个这样的回路包括用于维持系统中的压力的加压器。

[0023] 如前所述,可移动堆芯内探测器62被沸水堆和压水堆式反应堆二者用来执行堆芯功率分布的周期性详细测量。探测器62在正常功率运行期间根据预定的、间歇的、定时的程序插入到反应堆堆芯54中。一旦插入,该探测器沿固定的预定路径自动驱动通过堆芯区域。探测器的输出被记录为堆芯位置的函数,以提供反应堆功率分布的图形表示。探测器的输出通过密封台64馈送到负责实现定时程序的控制和监测系统66。所使用的可移动探测器62主要对 neutron 或者伽马辐射之一敏感。每种类型的探测器都有未达最佳标准的性能特性,这显著增加了探测器系统的操作成本。以下所要求保护的伽马辐射探测设备利用裂变室式的探测器和电离室式的探测器的优点的组合,从而提供能够测量压水堆和沸水堆式的反应堆二者中的相对堆芯功率分布的探测器,这允许显著地减小拥有和运行堆芯功率分布测量系

统的成本。

[0024] 图4A和4B提供了以下要求保护的本发明优选实施例的示意图。图2A和图2B与图4A和图4B之间的根本区别在于在设备的电离容积中包括附加的结构72,该附加结构72由诸如天然锰、钨或镉之类的金属制成,其用于产生正比于局部中子数的高能量的瞬发中子俘获伽马辐射。这个附加的瞬发中子俘获伽马辐射通过光电和康普顿散射机制与伽马辐射体元件周围的诸如铂或金之类的高Z材料相互作用,以产生高能电子,该高能电子也增强探测器70的气体填充48中的电离。该附加的电离的增强来自探测器70的电离电流输出46。这一方法用于在不使用特殊的核材料的情况下,相对于标准电离室36设计增强从设备输出的信号水平。“Z”分数在统计上表明项目从它的标准分布均值偏离多远以及在什么方向上偏离。以其分布标准差的Z分数为单位的表示有时被称为“标准分数”。当从具有不同的均值和/或不同的标准差的分布中试图比较项目的相对排名时,Z分数变换尤其有用。

[0025] 加入若干个在中心电极44和外部电极38之间围绕中心电极44隔开的电子辐射体72(诸如在图4B中所示的四个),用来在不使用特殊的核材料的情况下相对于标准电离室设计36增强从设备70输出的信号水平。使用相对便宜的诸如锰、钨或镉之类的瞬发伽马辐射体允许探测器的敏感部分容易地包含在非常鲁棒的物理包中。因为对局部中子数的瞬发灵敏度相对于标准电离室36被提高,因此信号和真实局部堆芯功率水平之间的关系的不确定性减小。由于局部功率分布的激励而使得输出信号增大减少或消除了对非常敏感和昂贵的信号测量电子产品的需要。对该设备的中心堆芯的优化设计将允许使用现有的可移动探测器信号测量电子产品,从而实现该探测器设计的成本将被最小化。该设备还可以用作其他电离室应用中(诸如在反应堆的功率水平的监测应用中)的静止探测器,其中增强的中子灵敏度是一个好处。

[0026] 虽然已经详细描述了本发明的具体实施例,但是鉴于本公开内容的整体教导,本领域的技术人员将认识到可以对这些细节进行各种修改和替代。因此,对于将要被给予所附权利要求及其任何和所有等同物的全部宽度的本发明的范围,所公开的具体实施例仅是说明性的,而不是限制性的。

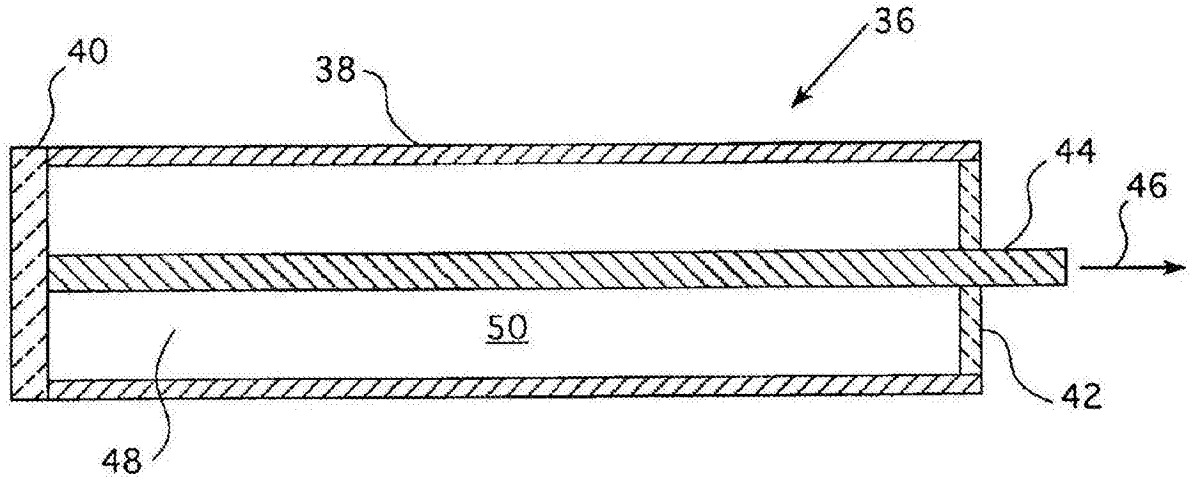


图2A

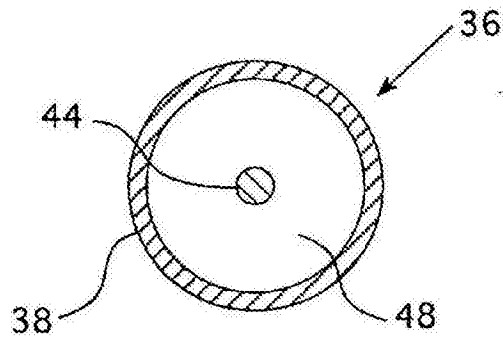


图2B

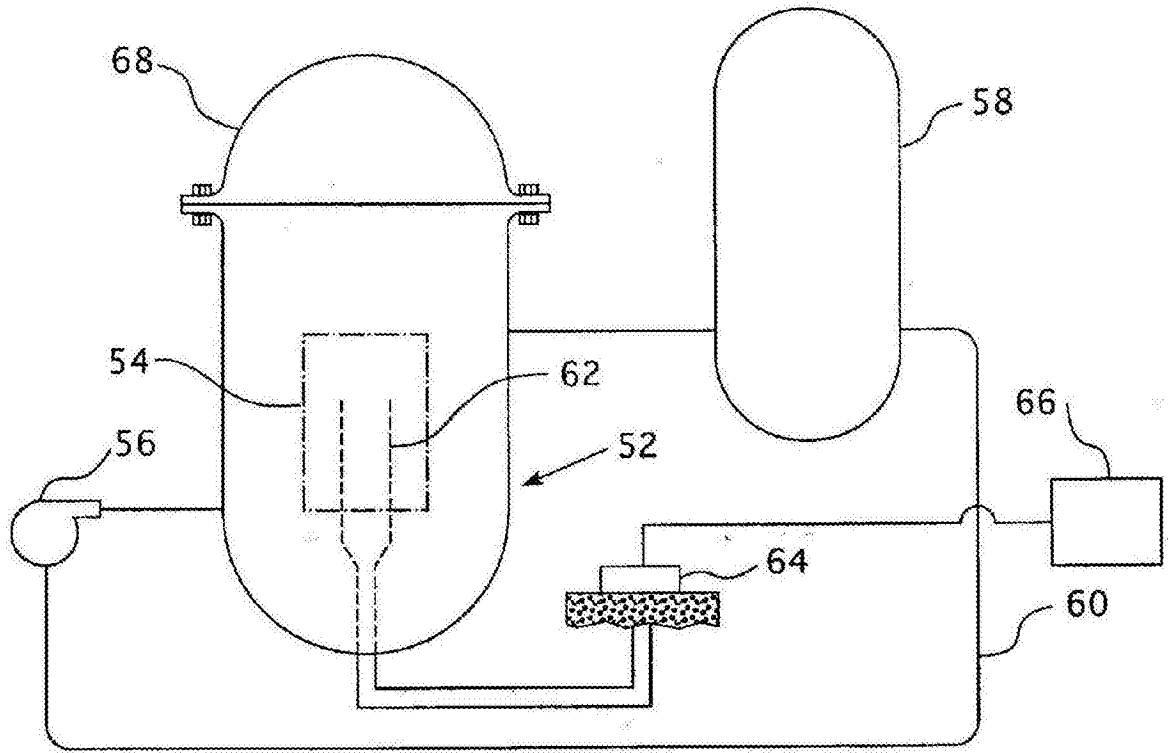


图3

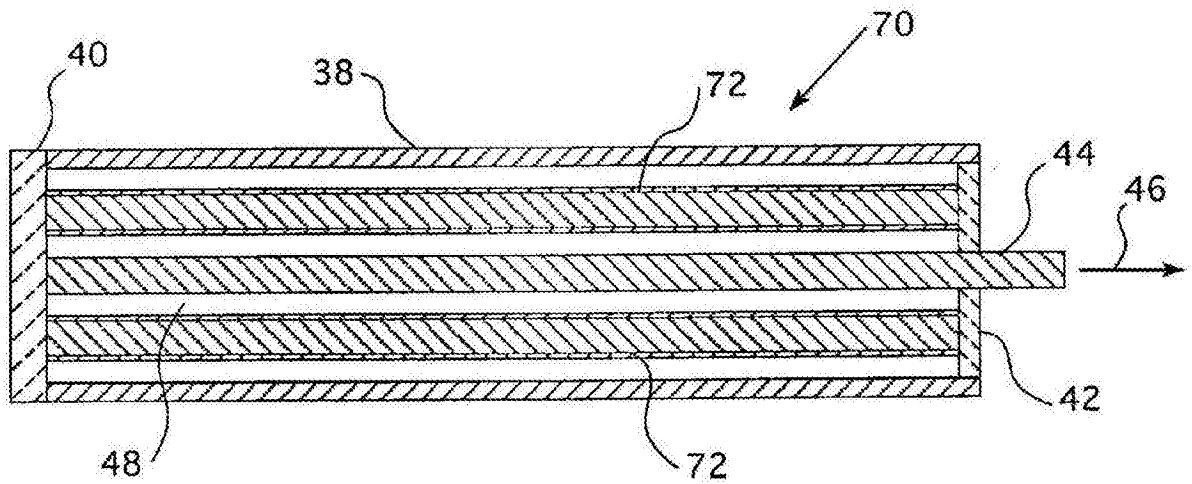


图4A

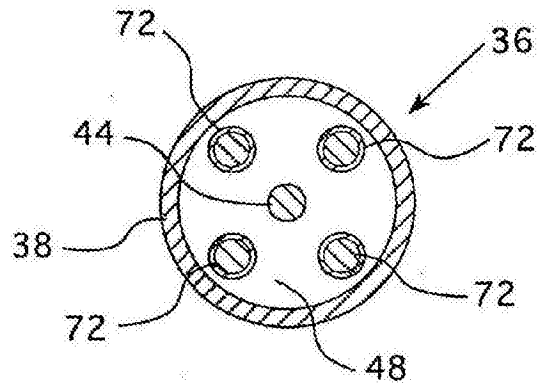


图4B