

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021年2月11日 (11.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/022955 A1

- (51) 国际专利分类号 : **G01T 1/16** (2006.01) **G01T 7/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号 : **PCT/CN2020/099957**
- (22) 国际申请日 : 2020年7月2日 (02.07.2020)
- (25) 申请语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 201910721236.7 2019年8月6日 (06.08.2019) CN
- (71) 申请人 : 苏州瑞派宁科技有限公司 (**RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD (SUZHOU)**) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号, **Jiangsu 215163 (CN)**。
- (72) 发明人 : 姜浩 (**JIANG, Hao**); 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号17栋, **Jiangsu 215163 (CN)**。朱玉珍 (**ZHU, Yuzhen**); 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号17栋, **Jiangsu 215163 (CN)**。朱李强 (**ZHU, Liqiang**); 中国江苏省苏州市高新
- 区锦峰路8号17栋, **Jiangsu 215163 (CN)**。王侃 (**WANG, Kan**); 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号17栋, **Jiangsu 215163 (CN)**。
- (74) 代理人 : 北京远大卓悦知识产权代理事务所 (普通合伙) (**CHINA FARFIR INTELLECTUAL PROPERTY**); 中国北京市西城区阜成门外大街2号万通新世界A711室, **Beijing 100037 (CN)**。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title : RADIATION DETECTION DEVICE

(54) 发明名称 : 一种辐射探测装置

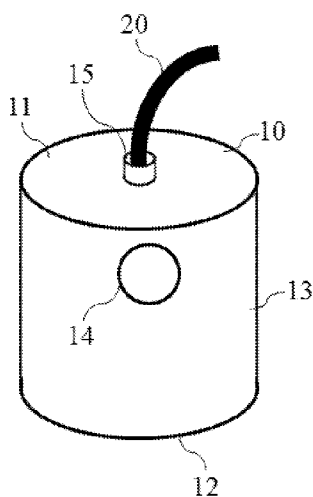


图2

(57) Abstract: A radiation detection device, comprising a detector (30) and a housing (10). The housing (10) has an accommodation space. The detector (30) is accommodated in the accommodation space. The thickness of the housing (10) is not less than five times of the thickness of a half-value layer of a corresponding ray. The thickness of the half-value layer is the thickness of a substance that attenuates the energy of the ray into half of an initial value. The housing (10) is provided with a through hole (14) extending from the exterior of the housing (10) to the accommodation space. The measurement can be made by putting the detector (30) and the housing (10) into the waste liquid without modifying a radioactive waste liquid pool or performing a plurality of samplings and measurements, the operation is convenient, the measurement efficiency is improved, and the cost is reduced. At the same time, the influence of an external ray on the detector (30) is isolated by the housing (10), which maximizes the accuracy of data measurement.

(57) 摘要 : 一种辐射探测装置, 包括探测器(30)以及外壳(10), 外壳(10)内具有一容置空间, 探测器(30)容置于容置空间内, 外壳(10)的厚度不小于对应射线的半值层厚度的五倍, 半值层厚度为将射线能量衰减为初始值一半的物质的厚度, 外壳(10)上设置有自外壳(10)外部延伸至容置空间内的通孔(14)。将探测器(30)和外壳(10)放入废液中即可进行测量, 无需改造放射性废液池, 无需多次采样测量, 操作方便, 提高了测量效率, 降低了成本; 同时通过外壳(10)隔绝了外部射线对探测器(30)的影响, 最大限度的提高了测量数据的精准度。



WO 2021/022955 A1

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护) :ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明 :

- 关于发明人身份 (细则4.17 (i))
- 发明人资格 (细则4.17 (iv))

本国际公布 :

- 包括国际检索报告 (条约第21条 (3))。

一种辐射探测装置

技术领域

本发明涉及辐射探测领域，更具体地涉及用于放射性废液监测的一种辐射探测装置。

背景技术

随着核技术在医疗领域的应用推广，越来越多的大型三级医院开设了核素治疗病房并利用高能放射性核素进行各种疾病的治疗，比如，利用碘 131 核素对分化型甲状腺癌术后的患者进行治疗，由于分化型甲状腺癌组织同正常甲状腺组织一样可以特异性地摄取碘，甲状腺癌患者口服大剂量的碘 131 后，经由血液被甲状腺组织、残余癌组织及转移灶摄取，碘 131 在衰变过程中发出的 γ 射线对癌细胞产生杀伤作用，导致残余癌组织坏死，从而降低肿瘤术后的复发和转移几率。但是，由于治疗过程中使用的放射性核素碘 131 的半衰期可以长达 8.3 天，并且会随着病人的排泄物流出，因此，医院通常会将这些排泄物收集至放射性衰变池内，排泄物废液在放射性衰变池内自然衰变，待其比活度低于国家要求安全限值（如碘 131 为 10000 Bq/L）时才可排放。对于放射性液体，比活度指单位体积液体放射性核素的活度值，单位为比克/升 (Bq/L)。活度又称衰变率，指样品在单位时间内衰变掉的原子数。

为此，在排泄物废液的自然衰变期内，需要实时监测放射性衰变池内的比活度值。现有技术中监测具有放射性的排泄物废液的方法包括采样法和旁路探测器法，其中，采样法在测量时，需要通过人工从放射性衰变池内采集排泄物废液样本，再分别测量其体积 (mL) 和活度 (Bq)，从而计算其比活度；旁路探测器法需要在衰变池的排放管道 1 处外接出一段旁路管道 2 以将排泄物废液引出到外部，辐射探测器 3 贴紧安装在旁路管道 2 上，通过辐射探测器 3 的测量反推排放管道 1 内排泄物废液的比活度，如图 1 所示。

然而，现有技术在对放射性衰变池内的比活度进行监控时，至少存在以

下问题：首先，采样法人工操作繁琐，且操作人员需频繁接触危险的放射性液体，风险较高；其次，采样区域具有局限性，通常只能在放射性衰变池的液面处进行采样，无法真实反映整个衰变池内排泄物废液的比活度情况；第三、测量结果无实时性，采样后再进行数据采集，导致数据滞后，无法提供实时的比活度值；第四、旁路探测器法需对目前已有管道进行修改，安装复杂，成本高；最后，测量偏差大，环境中的辐射会对探测器结果产生影响，而且安装时管道（厚度、直径等）环境的不同都会使探测器的测量值发生偏差。

发明内容

本发明的目的是提供一种辐射探测装置，从而解决上述至少一种问题。

本发明提供的辐射探测装置，该辐射探测装置包括探测器以及外壳，所述外壳内具有一容置空间，所述探测器容置于所述容置空间内，所述外壳的厚度不小于对应射线的半值层厚度的五倍，所述半值层厚度为将所述射线能量衰减为初始值一半的物质的厚度，所述外壳上设置有自所述外壳外部延伸至所述容置空间内的通孔。

根据本发明的一个实施例，所述外壳的厚度均匀。

根据本发明的一个实施例，所述外壳具有相对平行布置的第一壳体、第二壳体以及连接所述第一壳体和所述第二壳体的第三壳体，所述第一壳体、所述第二壳体和所述第三壳体围成所述容置空间。

根据本发明的一个实施例，所述第一壳体、所述第二壳体以及所述第三壳体一体成型。

根据本发明的一个实施例，所述外壳采用铅、钨、铁、砖块或者混凝土制作。

根据本发明的一个实施例，所述通孔的延伸方向形成的平面与所述探测器所在的位置不重合。

根据本发明的一个实施例，所述外壳上设置有卡接器，线缆穿过所述卡接器并且与所述外壳内部的所述探测器通信连接，所述探测器通过所述线缆发送计数率数据。

根据本发明的一个实施例，所述辐射探测装置还包括线缆，所述线缆穿过所述通孔并且与所述探测器通信连接，所述探测器通过所述线缆发送计数率数据。

根据本发明的一个实施例，所述探测器具有无线发送模块，所述探测器通过所述无线发送模块发送计数率数据。

根据本发明的一个实施例，所述通孔共两个，两个所述通孔之间具有间距。

根据本发明的一个实施例，两个所述通孔的延伸方向相互平行，所述探测器与两个所述通孔的延伸方向形成的平面互不重叠。

根据本发明的一个实施例，所述通孔共两排，其中每一排所述通孔均位于同一平面上，所述探测器设置于两排所述通孔所在的平面之间。

根据本发明的一个实施例，每一排所述通孔的大小相同且相互之间的间隔均匀。

根据本发明的一个实施例，所述外壳呈圆柱形，两排所述通孔均位于所述外壳的侧壁上并且关于所述外壳对称布置，所述通孔为圆柱形通孔。

根据本发明的一个实施例，两排所述通孔之间的间距 $H > 2h(R-t)/t$ ，其中， h 表示所述通孔的直径， R 表示所述外壳的半径， t 表示所述外壳的厚度。

本发明提供的辐射探测装置具有以下优点：首先，全程监测仅需采样一次，无需像传统采样法一样需在每次监测时均通过人工采样，监测全程可自动化记录测量数据，避免了工作人员暴露在辐射环境的风险，提高了测量效率；其次，通过固定线缆深度可任意设置采样点，可根据实际情况灵活的安装探测器的位置，以达到在不同深度和位置采样测量的目的；第三，本发明仅需把探测器和外壳放入废液中即可进行测量，避免了对现有管道进行任何的改造，可以实现低成本测量；最后，本发明通过外壳隔绝了外部环境射线对探测器的影响，最大限度的提高了测量数据的精准度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实

施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是根据现有技术的旁路探测器法测量放射性废液的比活度的结构示意图；

图 2 是根据本发明一个实施例的辐射探测装置的立体示意图；

图 3 是根据图 2 的辐射探测装置的剖面示意图；

图 4 是根据图 3 的实施例进行改进的辐射探测装置的立体示意图；

图 5 是根据图 4 的辐射探测装置的剖面示意图；

图 6 是根据本发明另一个实施例的辐射探测装置的立体示意图；

图 7 是根据图 6 的辐射探测装置的剖面示意图；

图 8 是根据本发明又一个实施例的辐射探测装置的立体示意图；

图 9 是根据图 8 实施例的辐射探测装置的剖面示意图；

图 10 是根据图 8 实施例的辐射探测装置的安全区计算的剖面示意图；

图 11 是根据图 8 实施例的辐射探测装置的安全区计算的另一剖面示意图；

图 12 是根据本发明又一个实施例的辐射探测装置的剖面示意图。

具体实施方式

以下结合具体实施例，对本发明做进一步说明。应理解，以下实施例仅用于说明本发明而非用于限制本发明的范围。

需要说明的是，当部件/零件被称为“设置在”另一个部件/零件上，它可以直接设置在另一个部件/零件上或者也可以存在居中的部件/零件。当部件/零件被称为“连接/联接”至另一个部件/零件，它可以是直接连接/联接至另一个部件/零件或者可能同时存在居中部件/零件。本文所使用的术语“连接/联接”可以包括电气和/或机械物理连接/联接。本文所使用的术语“包括/包含”指特征、步骤或部件/零件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、步骤或部件/零件的存在或添加。本文所使用的术语“和/或”包括一个或多个相关所列项目的任意的和所有的组合。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的术语只是为了描述

具体实施例的目的，而并不是旨在限制本发明。

另外，在本发明的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的和区别类似的对象，两者之间并不存在先后顺序，也不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

图2是根据本发明的一个实施例的辐射探测装置的立体示意图，由图2可知，本发明提供的辐射探测装置具有外壳10，外壳10具有相对布置的第一壳体11和第二壳体12，第一壳体11和第二壳体12之间具有第三壳体13，第一壳体11、第二壳体12和第三壳体13一起围成了内部具有容置空间的盒状或者罐状的外壳10；第一壳体11上设置有卡接器15，卡接器15固定在第一壳体11的顶部，线缆20穿过卡接器15以及第一壳体11后延伸至外壳10的内部，线缆20同时通过卡接器15固定于第一壳体11上；外壳10上还设置有通孔14，比如，通孔14可以设置于第一壳体11或者第三壳体13上，通孔14的形状可以为圆形、矩形或者其它形状。

本领域技术人员应当理解的是，当外壳10放入放射性衰变池内时，通孔14可以使得排泄物废液流入外壳10内部，当外壳10从放射性衰变池内取出时，排泄物废液可以通过通孔14从外壳10内流出。

进一步地，图3是根据图2的辐射探测装置的剖面示意图，由图3结合图2可知，卡接器15的其中一部分穿过第一壳体11并固定在第一壳体11上，线缆20的其中一部分穿过卡接器15以及第一壳体11后延伸至外壳10的内部，线缆20同时通过卡接器15固定于第一壳体11上，线缆20的末端与探测器30通信连接；由图3可以更清楚的看出，通孔14靠近第一壳体11设置，通孔14与探测器30之间具有间距，即探测器30的位置与通孔14所在的平面不重合，从而防止进行测试时壳外的排泄物废液发出的射线照射入外壳10的内部，影响探测器30所测量数据的准确性。

第一壳体11、第二壳体12以及第三壳体13均应当采用高密度材质制作，比如铅、钨、铁、砖块或者混凝土等，从而为容置于外壳10内部的探测器30创造一个不受壳外辐射干扰的固定体积的空间，这有利于准确确定排泄物废液中的放射数据。同时，本领域技术人员应当注意的是，为了保证外壳的辐射屏蔽性能，第一壳体11、第二壳体12以及第三壳体13的厚度均至少应达到废液中对应最高能量射线的5倍半值层厚度，半值层厚度表示可以将射

线能量衰减为初始值一半的物质的厚度，比如，碘 131 核素发出的 γ 射线能量为 364 keV，若外壳 10 的材质采用铅（铅对应的 364 keV 射线的半值层约为 3.5 mm，可以通过相关技术手册获取），则外壳 10 的厚度至少应达到 17.5 mm（即 5×3.5 mm）。

探测器 30 可以采用本领域常见的用于测量液体中高能射线计数率的仪器，比如闪烁晶体探测器等。优选地，探测器 30 应具有密封性能，从而使得当探测器 30 浸入排泄物废液中时仍可正常工作，这是本领域技术人员容易实现的，在此不再赘述。探测器 30 所测量的计数率即为单位时间内接收到的事件的数量，高能射线中的高能光子入射到探测器 30 中的闪烁晶体后，闪烁晶体将高能光子转换为可见光并通过与闪烁晶体耦合的光电转换器件进一步将可见光转换为电信号，每一个高能光子转换为可见光称为一个事件。

本领域技术人员应当注意的是，为了安装以及测量的方便，如图 4 和图 5 所示，可以直接将线缆 20 通过通孔 14 伸入外壳 10 内部并与探测器 30 通信连接，第一需使得线缆 20 不堵塞通孔 14，即使得线缆 20 不影响排泄物废液流入、流出外壳 10 的内部；第二需使得探测器 30 放置于壳外射线不能直接照射到的地方，比如图 4 中探测器 30 放置于靠近第一壳体 11 处的角落，当外壳 10 和探测器放入放射性衰变池内时，探测器 30 仅测量壳体 10 内部的辐射数据。

图 6 为根据本发明另一个实施例的辐射探测装置的立体示意图，图 7 为根据图 6 的辐射探测装置的剖面示意图，在图 6 和图 7 的实施例中，通过增加 100 的附图标记对与上一实施例相同或者相似的部件进行标示，在此仅描述不同之处，结合图 6 和图 7 可知，外壳 110 上还可以设置两个通孔 114，两个通孔 114 均设置于第三壳体 113 上，其中一个通孔 114 靠近第一壳体 111 设置，另一个通孔 114 靠近第二壳体 112 设置，两个通孔 114 之间具有一间距，从而当外壳 110 放入排泄物废液或者从排泄物废液中取出时，液体流通效果更佳。探测器 130 设置于外壳 110 内部并且通过线缆 115 与外部计算机通信连接，探测器 130 的位置与任何一个通孔 114 所在的平面不重合，从而防止进行测试时壳外的排泄物废液发出的射线照射入外壳 110 的内部，影响探测器 130 所测量数据的准确性。本领域技术人员应当注意的是，通孔 114 的位置还可以设置为：其中一个通孔 114 设置于第一壳体 111 上，另一个通

孔 114 设置于第二壳体 112 或者第三壳体 113 上，只需保证两个通孔 114 不在同一个平面上即可，这属于本领域技术人员根据本发明的内容容易实现的，在此不再赘述。

图 8 是根据本发明又一个实施例的辐射探测装置的立体示意图，图 9 是根据图 8 的辐射探测装置的剖面示意图，在图 8 和图 9 的实施例中，通过增加 200 的附图标记对与图 2 实施例相同或者相似的部件进行标示，在此仅描述不同之处，结合图 8 和图 9 可知，通孔 214 可以设置为两排，每一排通孔 214 均沿第三壳体 213 的圆周方向等间隔布置，其中一排通孔 214 靠近第一壳体 211，另外一排通孔 214 靠近第二壳体 212。通孔 214 还可以设置为大于两排，同时相邻通孔 214 之间的间距也可以设置为不同，通孔 214 还可以分别设置于第一壳体 211 以及第二壳体 212 上，这属于本领域技术人员结合本申请的技术启示容易想到的，在此不再赘述。每一排通孔 214 在第三壳体 213 的高度方向的位置保持一致，靠近第一壳体 211 的一排通孔 214 与靠近第二壳体 212 的另外一排通孔 214 之间具有间距，探测器 230 设置于该间距区间内，即探测器 230 的位置与任何一排通孔 214 所在的平面不重合，从而防止进行测试时壳外的排泄物废液发出的射线照射入外壳 210 的内部，影响探测器 230 所测量数据的准确性。

进一步地，如图 10 所示，由于测量时外壳 210 需浸入放射性衰变池内，排泄物废液中的射线方向随机发散，虽然外壳 210 可以阻挡大部分来自壳外的射线入射至外壳 210 的内部，但仍有一部分射线将透过通孔 214 而入射到外壳 210 的内部，倘若这部分射线入射到探测器 230 上，将使得探测器 230 的探测结果发生误差，为了消除这一误差，需要进一步对外壳 10 进行设计。由于每个通孔 214 处从壳外入射的射线方向是随机的，对于靠近第一壳体 211 处的通孔 214 而言，当入射射线以水平或者偏向第一壳体 211 的方向入射时，射线不能直接照射至探测器 230 上，对探测器 230 基本无影响，当入射射线以偏向第二壳体 212 的方向入射时，射线有可能直接照射至探测器 230 上，将对探测器 230 的探测结果产生影响；同理，对于靠近第二壳体 212 处的通孔 214 而言，当入射射线以水平或者偏向第二壳体 212 的方向入射时，射线不能直接照射至探测器 230 上，对探测器 230 基本无影响，当入射射线以偏向第一壳体 211 的方向入射时，射线有可能直接照射至探测器 230 上，将对探测器 230 的探测结果产生影响。因此，如图 5 所示，当两排通孔 214

之间的间距 H 足够长时，将产生一个不受直接入射射线影响的安全区，即多边形 $ABCDEF$ 所包围的区域，在该区域内探测器 230 将仅收到来自于外壳 210 内部的排泄物废液中的射线照射，此时探测器 230 所探测的数据能够准确反映外壳 210 内部的辐射水平。

因此，结合图 10 和图 11 可知，间距好可以通过以下方式确定：当外壳 210 采用圆罐形，并且将两排通孔 214 对称设计时，第一壳体 211 和第二壳体 212 的半径记为 R ，圆柱形通孔 214 的直径记为 d ，通孔 214 的直径为与第一壳体 211 或者第二壳体 212 所在平面垂直的方向，通孔 214 的深度记为 t ，该深度 t 也即外壳 210 的厚度，壳外射线向壳内入射时具有临界交点 O ，此时根据比例关系可知：

$$h/t=(H/2)/(R-t)$$

，从而可以推出 $H=2h(R-t)/t$ 。为了使壳外射线不直接照射至探测器 30 上，需使得 $H>2h(R-t)/t$ 。当外壳 10 采用其他形状时，本领域技术人员可以通过图 8 和图 9 的技术启示无需创造性的推出相应的间距好的最小值，在此不再赘述。

更进一步地，由于放射性衰变池内可能包含多种能量的射线，为了应对不同放射性衰变池内的不同情况，本发明中可以预先收集放射性衰变池内的射线能量分布情况，从而计算相应的外壳的厚度 t ，并且根据设计的通孔的直径 d 计算不同厚度 t 和直径 d 对应的间距好的大小，从而预先制成多个不同尺寸的外壳，从而便于在实际测量时根据需要选择不同尺寸的外壳进行测量，提高测量效率。

本领域技术人员需要理解的是，在图 8-图 11 的实施例中，通孔 214 设置为两排，实际上，通孔 214 的排数可以根据需要进行设置，而不仅仅局限于两排。同时，通孔 214 的具体形状以及相邻两个通孔 214 之间的形状也可以根据需要进行选择。当通孔 214 的排数、形状以及间距选定后，本领域技术人员可以根据上述实施例的启示确定相应参数的大小，在此不再赘述。

图 12 是根据本发明又一个实施例的辐射探测装置的剖面示意图，在图 12 的实施例中，相同或者类似的部件通过增加 300 的附图标记进行标示，在此仅描述与图 2 实施例相比的不同之处。探测器 330 中包含了无线发送器 331，无线发送器 331 通过固定杆 316 固定于外壳的内部，比如可以固定于第一壳体 311 上；该无线发送器 331 可以将探测器 330 所采集到的计数率数

据发送至配套的计算机进行处理。此时，卡接器 315 相应的不再穿过第一壳体 311，而是设置于第一壳体 311 的顶部以便于连接线缆 320，从而便于将外壳放入放射性衰变池中，此时线缆 320 不再具有数据传输功能而是仅作为收放绳索使用。

本发明提供的辐射探测装置在使用时应当注意，当需要对放射性衰变池内的辐射情况进行监测时，首先需要与相关人员确认收集、分析放射性衰变池内所含放射性核素的种类，比如对于医院的放射科，医生在进行放射性核素治疗时均会记录放射性核素的种类，通过医务人员可以很轻易的获取放射科对应的放射性衰变池内的放射性核素的种类。当放射性核素的种类确定时，由于每一种核素所对应的能量是已知的，可以选择能量最高的核素作为参考计算外壳的厚度，进而根据需要选择不同规格的外壳。当进行监测时，首先需要采集体积为 V_1 的排泄物废液样品，然后使用活度计测量该样品的活度值 H_1 并使用探测器测量该样品的计数率 Q ，从而计算得到该排泄物废液样品的比活度为： H_1/V_1 ，比活度转换参数 $Q=H_1/(Q \cdot V_0)$ 。当比活度转换参数确定后，可将其输入探测器或者计算机内，同时将外壳和探测器通过线缆放入放射性衰变池内，此时探测器实时测量放射性衰变池内的实时计数率值，放射性衰变池内的实时比活度数值变化情况即可通过下式监控：

$$\text{实时比活度} = \text{实时计数率值} \times Q。$$

本发明提供的辐射监测装置，具有以下优点：首先，全程监测仅需采样一次，无需像传统采样法一样需在每次监测时均通过人工采样，监测全程可自动化记录测量数据，避免了工作人员暴露在辐射环境的风险，提高了测量效率；其次，通过固定线缆深度可任意设置采样点，可根据实际情况灵活的安装探测器的位置，以达到在不同深度和位置采样测量的目的；第三，本发明仅需把探测器和外壳放入废液中即可进行测量，避免了对现有管道进行任何的改造，可以实现低成本测量；最后，本发明通过外壳隔绝了外部环境射线对探测器的影响，最大限度的提高了测量数据的精准度。

以上所述的，仅为本发明的较佳实施例，并非用以限定本发明的范围，本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰，皆落入本发明的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

权利要求书

- 1.一种辐射探测装置，其特征在于，所述辐射探测装置包括：
探测器；以及
外壳，所述外壳内具有一容置空间，所述探测器容置于所述容置空间内，所述外壳的厚度不小于对应射线的半值层厚度的五倍，所述半值层厚度为将所述射线能量衰减为初始值一半的物质的厚度，所述外壳上设置有自所述外壳外部延伸至所述容置空间内的通孔。
- 2.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述外壳的厚度均匀。
- 3.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述外壳具有相对平行布置的第一壳体、第二壳体以及连接所述第一壳体和所述第二壳体的第三壳体，所述第一壳体、所述第二壳体和所述第三壳体围成所述容置空间。
- 4.根据权利要求3所述的辐射探测装置，其特征在于，所述第一壳体、所述第二壳体以及所述第三壳体一体成型。
- 5.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述外壳采用铅、铍、铁、砖块或者混凝土制作。
- 6.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述通孔的延伸方向形成的平面与所述探测器所在的位置不重合。
- 7.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述外壳上设置有卡接器，线缆穿过所述卡接器并且与所述外壳内部的所述探测器通信连接，所述探测器通过所述线缆发送计数率数据。
- 8.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述辐射探测装置还包括线缆，所述线缆穿过所述通孔并且与所述探测器通信连接，所述探测器通过所述线缆发送计数率数据。
- 9.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述探测器具有无线发送模块，所述探测器通过所述无线发送模块发送计数率数据。
- 10.根据权利要求1所述的辐射探测装置，其特征在于，所述通孔共两个，

两个所述通孔之间具有间距。

11.根据权利要求 10 所述的辐射探测装置，其特征在于，两个所述通孔的延伸方向相互平行，所述探测器与两个所述通孔的延伸方向形成的平面互不重叠。

12.根据权利要求 1 所述的辐射探测装置，其特征在于，所述通孔共两排，其中每一排所述通孔均位于同一平面上，所述探测器设置于两排所述通孔所在的平面之间。

13.根据权利要求 12 所述的辐射探测装置，其特征在于，每一排所述通孔的大小相同且相互之间的间隔均匀。

14.根据权利要求 13 所述的辐射探测装置，其特征在于，所述外壳呈圆柱形，两排所述通孔均位于所述外壳的侧壁上并且关于所述外壳对称布置，所述通孔为圆柱形通孔。

15.根据权利要求 14 所述的辐射探测装置，其特征在于，两排所述通孔之间的间距 $H > 2/\sqrt{d}$ ，其中， d 表示所述通孔的直径， R 表示所述外壳的半径， t 表示所述外壳的厚度。

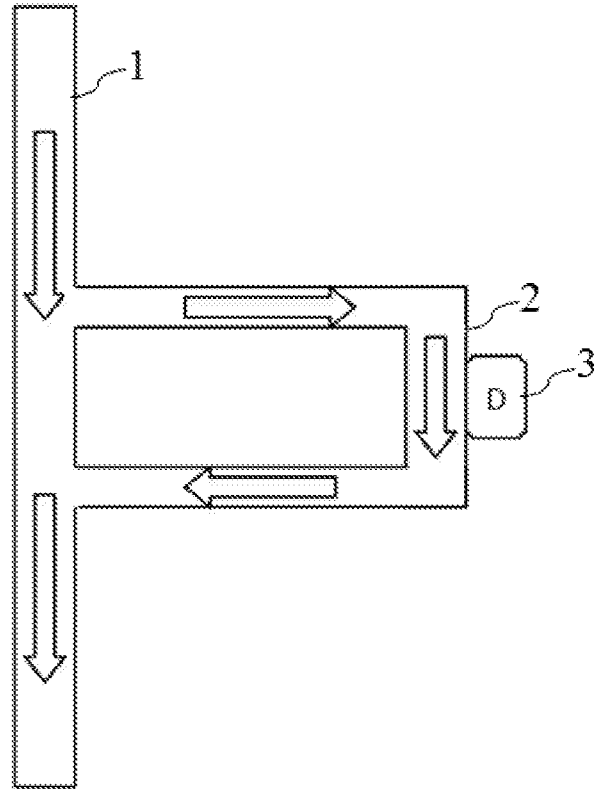


图 1

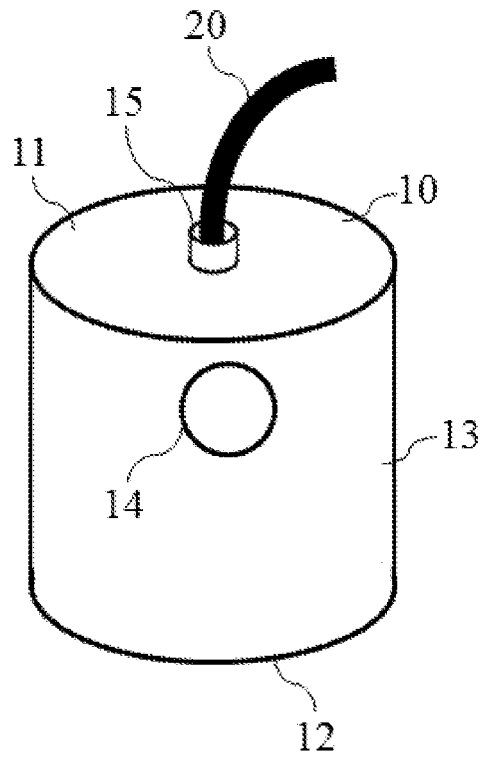


图 2

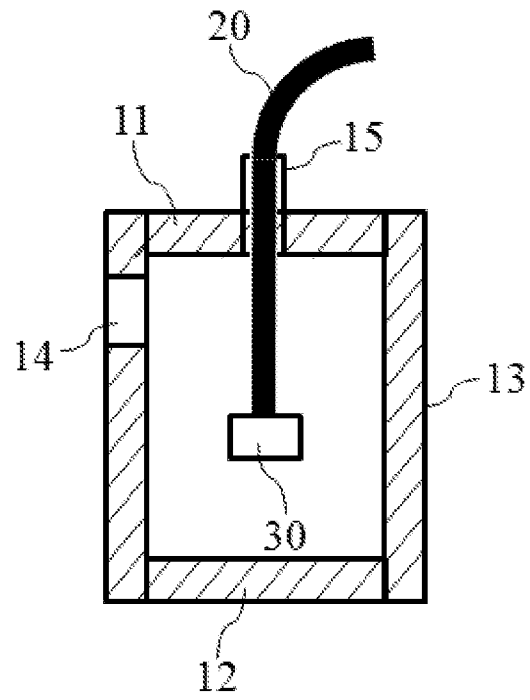


图 3

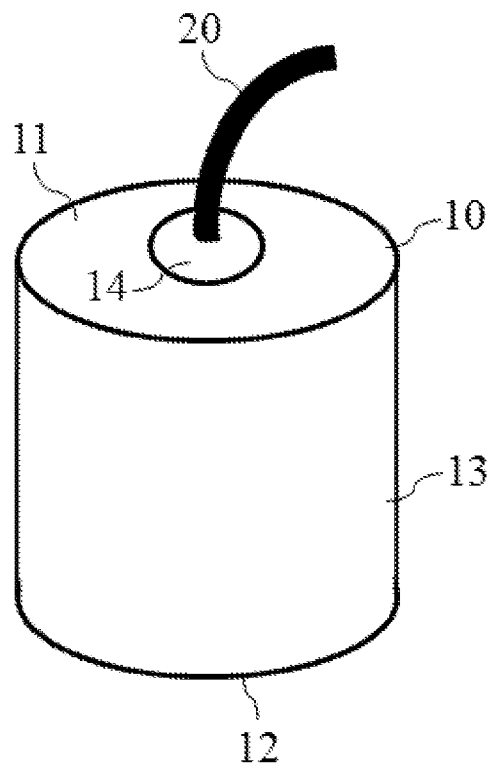


图 4

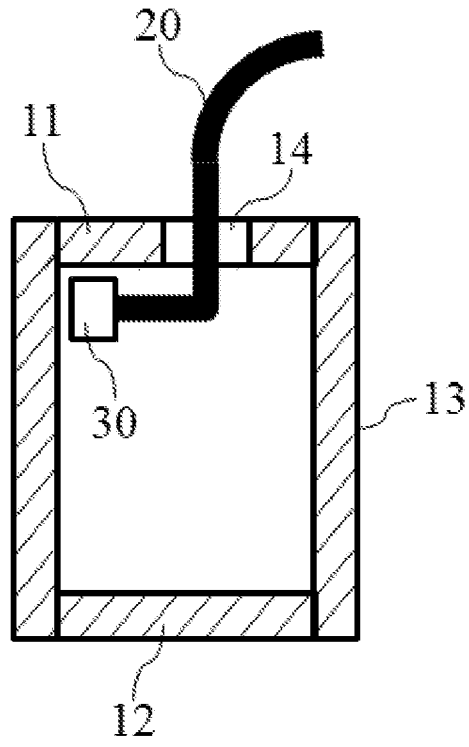


图 5

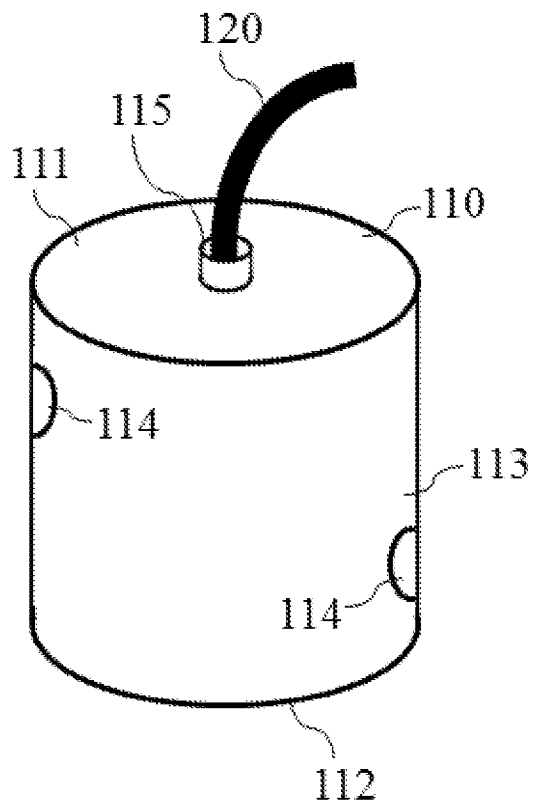


图 6

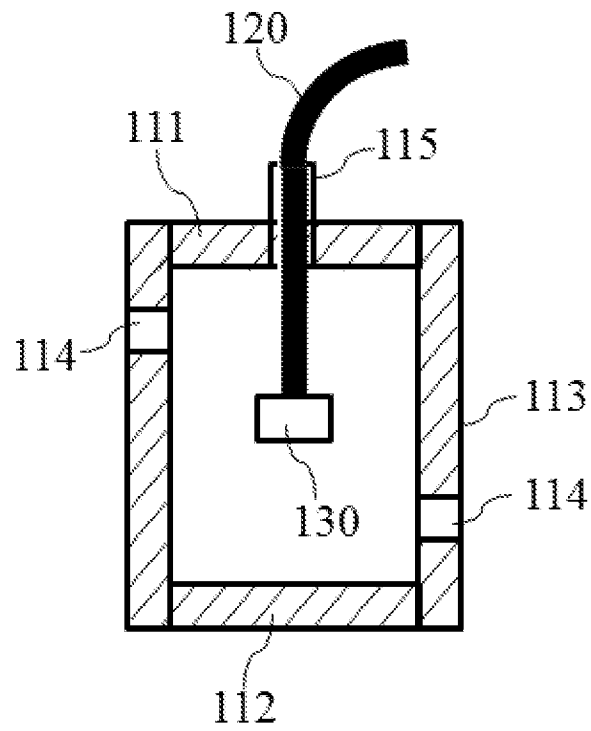


图 7

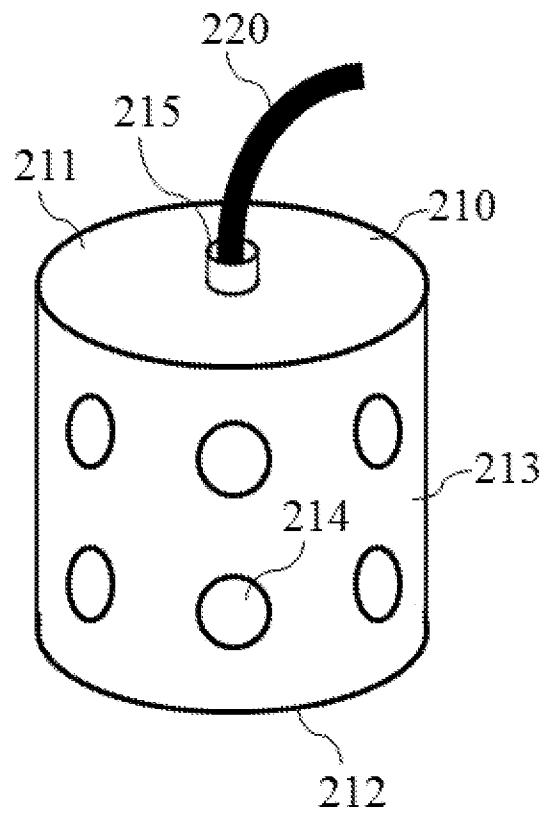


图 8

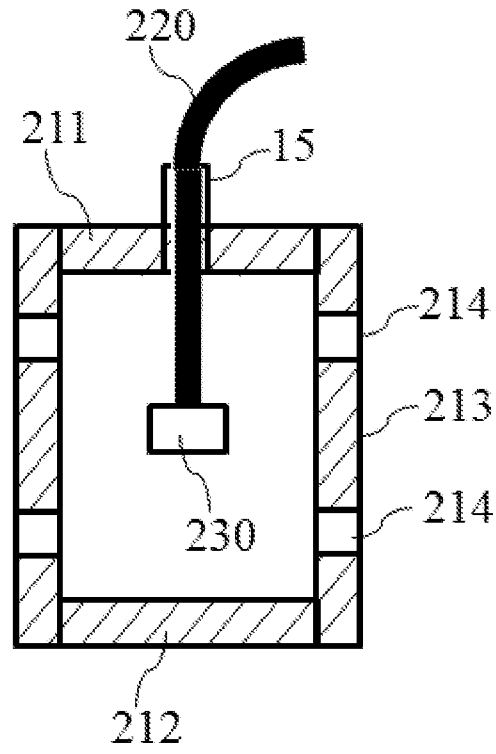


图 9

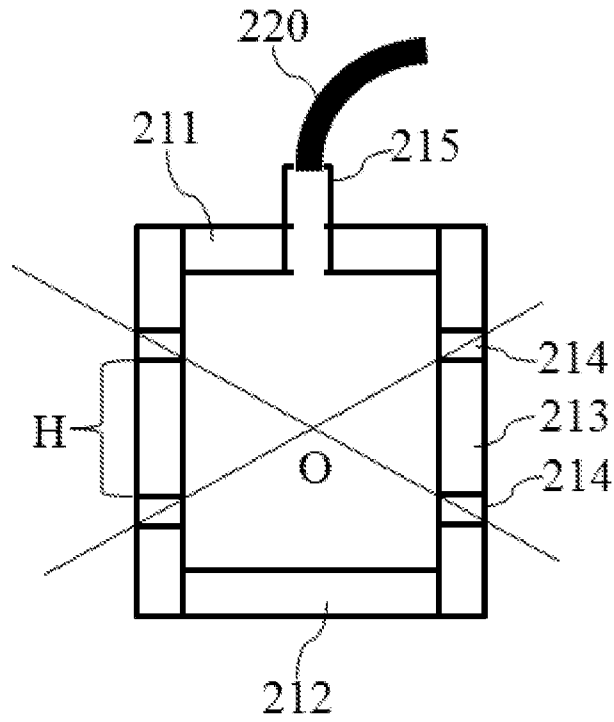


图 10

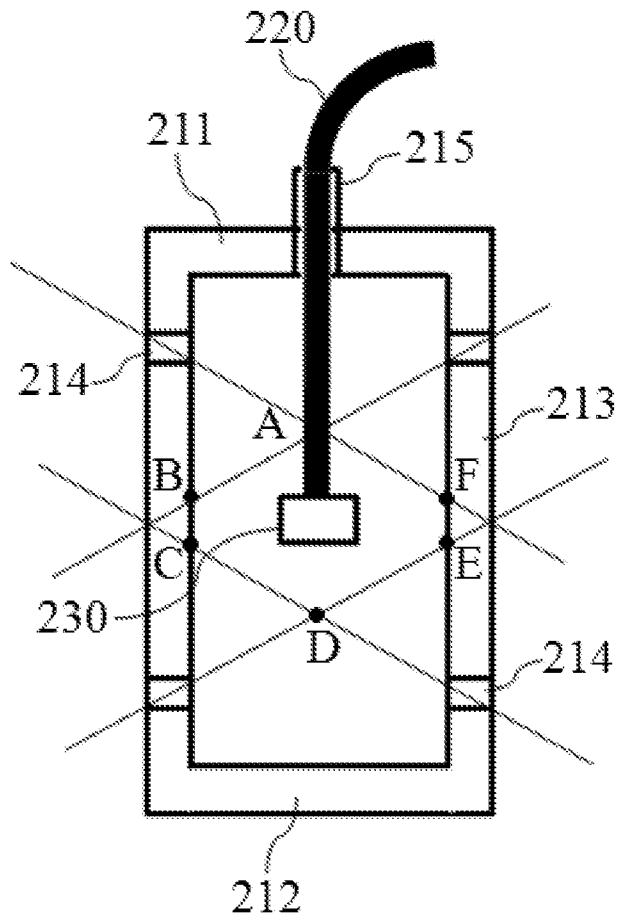


图 11

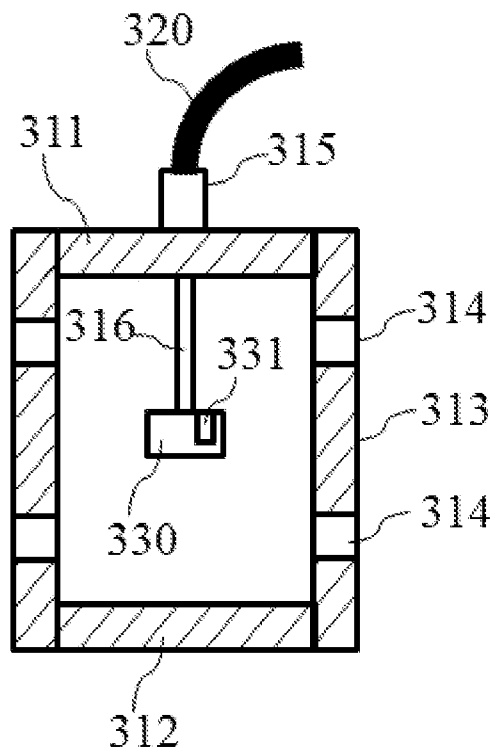


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/099957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01T 1/16(2006.01)i ; G01T 7/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01T 1/-;G01T7/-		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS, CNTXT, DWPI: 辐射 ,探测 ,外壳 ,壳体 ,半值层 ,孔 ,采样 ,采集 ,radiat+, detect+, shell , housing, casing, half value layer, hole?, aperture?, orifice?, sampl+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110308473 A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 08 October 2019 (2019-10-08) claims 1-15, description paragraphs [0039]-[0053], figures 1-12	1-15
PX	CN 210666033 U (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 02 June 2020 (2020-06-02) claims 1-15, description paragraphs [0039]-[0053], figures 1-12	1-15
X	CN 202404239 U (NO. 719 RESEARCH INSTITUTE, CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORP.) 29 August 2012 (2012-08-29) description, paragraphs [0014]-[0019], and figure 1	1-11
Y	CN 202404239 U (NO. 719 RESEARCH INSTITUTE, CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORP.) 29 August 2012 (2012-08-29) description, paragraphs [0014]-[0019], and figure 1	12-15
Y	US 4948970 A (RADIATION SAFETY SERVICES INC) 14 August 1990 (1990-08-14) description column 3 lines 27-32, column 4 lines 33-41, figures 1-3	12-15
X	CN 207396751 U (CHENGDU NEWRAY TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 May 2018 (2018-05-22) description, paragraph [0013], and figure 1	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 24 September 2020		Date of mailing of the international search report 09 October 2020
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/099957

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109188499 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 11 January 2019 (2019-01-11) description, paragraphs [0029]-[0030], and figures 1-3	1-5
X	JP 2007024497 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO., LTD.) 01 February 2007 (2007-02-01) description, paragraph [0014], and figure 1	1-5
A	CN 109581463 A (THE 404 COMPANY LIMITED, CHINA NATIONAL NUCLEAR CORPORATION) 05 April 2019 (2019-04-05) description, paragraphs [0038]-[0053], and figures 1-2	1-15
A	CN 2904006 Y (INST. OF RADIOMEDICINE, SHANDONG ACADEMY OF MEDICINE) 23 May 2007 (2007-05-23) description page 3 line 22- page 5 line 15, figures 1-2	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/099957

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	110308473	A	08 October 2019	None	
CN	210666033	U	02 June 2020	None	
CN	202404239	U	29 August 2012	None	
US	4948970	A	14 August 1990	AU 4968990 A	13 August 1990
				WO 9008330 A1	26 July 1990
CN	207396751	U	22 May 2018	None	
CN	109188499	A	11 January 2019	CN 109188499 B	21 April 2020
JP	2007024497	A	01 February 2007	None	
CN	109581463	A	05 April 2019	None	
CN	2904006	Y	23 May 2007	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/099957

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01T 1/16(2006.01)i; G01T 7/00(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01T 1/-;G01T7/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS, CNTXT, DWPI: 辐射, 探测, 外壳, 壳体, 半值层, 孔, 采样, 采集, radiat+, detect+, shell , housing, casing, half value layer, hole?, aperture?, orifice?, sampl+</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110308473 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 210666033 U (苏州瑞派宁科技有限公司) 2020年 6月 2日 (2020 - 06 - 02) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1</td> <td>12-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 4948970 A (RADIATION SAFETY SERVICES INC) 1990年 8月 14日 (1990 - 08 - 14) 说明书第3栏第27-32行, 第4栏第33-41行, 图1-3</td> <td>12-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 207396751 U (成都新核泰科科技有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 说明书第[0013]段, 图1</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109188499 A (清华大学) 2019年 1月 11日 (2019 - 01 - 11) 说明书第[0029]-[0030]段, 图1-3</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110308473 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12	1-15	PX	CN 210666033 U (苏州瑞派宁科技有限公司) 2020年 6月 2日 (2020 - 06 - 02) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12	1-15	X	CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1	1-11	Y	CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1	12-15	Y	US 4948970 A (RADIATION SAFETY SERVICES INC) 1990年 8月 14日 (1990 - 08 - 14) 说明书第3栏第27-32行, 第4栏第33-41行, 图1-3	12-15	X	CN 207396751 U (成都新核泰科科技有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 说明书第[0013]段, 图1	1-5	X	CN 109188499 A (清华大学) 2019年 1月 11日 (2019 - 01 - 11) 说明书第[0029]-[0030]段, 图1-3	1-5
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 110308473 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12	1-15																								
PX	CN 210666033 U (苏州瑞派宁科技有限公司) 2020年 6月 2日 (2020 - 06 - 02) 权利要求1-15, 说明书第[0039]-[0053]段, 图1-12	1-15																								
X	CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1	1-11																								
Y	CN 202404239 U (中国船舶重工集团公司第七一九研究所) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 说明书第[0014]-[0019]段, 图1	12-15																								
Y	US 4948970 A (RADIATION SAFETY SERVICES INC) 1990年 8月 14日 (1990 - 08 - 14) 说明书第3栏第27-32行, 第4栏第33-41行, 图1-3	12-15																								
X	CN 207396751 U (成都新核泰科科技有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 说明书第[0013]段, 图1	1-5																								
X	CN 109188499 A (清华大学) 2019年 1月 11日 (2019 - 01 - 11) 说明书第[0029]-[0030]段, 图1-3	1-5																								
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。		<input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。																								
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>		<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																								
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 9月 24日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 10月 9日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>周宏卉</p> <p>电话号码 86-(010)-62089913</p>																								

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	JP 2007024497 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD) 2007年 2月 1日 (2007 - 02 - 01) 说明书第[0014]段, 图1	1-5
A	CN 109581463 A (中核四0四有限公司) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书第[0038]-[0053]段, 图1-2	1-15
A	CN 2904006 Y (山东省医学科学院放射医学研究所) 2007年 5月 23日 (2007 - 05 - 23) 说明书第3页第22行-第5页第15行, 图1-2	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/099957

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110308473	A	2019年 10月 8日	无			
CN	210666033	U	2020年 6月 2日	无			
CN	202404239	U	2012年 8月 29日	无			
US	4948970	A	1990年 8月 14日	AU	4968990	A	1990年 8月 13日
				WO	9008330	A1	1990年 7月 26日
CN	207396751	U	2018年 5月 22日	无			
CN	109188499	A	2019年 1月 11日	CN	109188499	B	2020年 4月 21日
JP	2007024497	A	2007年 2月 1日	无			
CN	109581463	A	2019年 4月 5日	无			
CN	2904006	Y	2007年 5月 23日	无			