

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01V 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480042910.0

[43] 公开日 2007年4月4日

[11] 公开号 CN 1942786A

[22] 申请日 2004.6.30

[21] 申请号 200480042910.0

[30] 优先权

[32] 2004.4.30 [33] US [31] 10/836,844

[86] 国际申请 PCT/US2004/020890 2004.6.30

[87] 国际公布 WO2005/111660 英 2005.11.24

[85] 进入国家阶段日期 2006.10.30

[71] 申请人 波克股份有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 P·阿普泰克 R·赛尔韦

P·C·J·M·汉德瑞克斯

J·A·W·M·考弗 V·邦斯

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 陈 炜

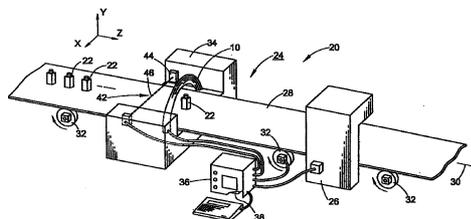
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于 NMR 重量检查系统的 RF 探针装置

[57] 摘要

一种用于核磁共振重量检查系统的射频(RF)探针,能在RF探针的中心处产生均匀的磁场,对来自外部源的电干扰的灵敏度最小,形成磁场的形状使来自诸如不进行测试的药物瓶之类的包装物的交叉耦合最小,以及呈现最小气流阻碍。RF探针包括具有矩形横截面的多个导电回路的线圈,分别装载在两个相对的矩形横截面的外壳中。外壳是隔开的,并且平行,产生“开路探针”配置,使载有要检查其内容物的瓶的传送带基本上无阻碍地通过。导电回路和装载它们的外壳的放置成,使线圈纵轴的方向与传送带呈水平或垂直的空间关系。



1. 一种在用于确定具有行进方向的生产线上的样品的质量的磁共振测量的询问区域中施加交变磁场的装置，该装置包括：

多个第一线圈元件，其基本上处于与生产线具有空间关系的第一平面；

多个第二线圈元件，其基本上处于第二平面，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件电连接，并且与所述多个第一线圈元件存在空间关系，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件隔开，使生产线上的样品通过所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件的分隔区。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件存在进一步的空间关系，使生产线上样品附近的气流基本上不受阻碍地通过所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件的分隔区。

3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述生产线具有行进的平面方向，所述多个第二线圈元件和所述多个第一线圈元件的空间关系是与行进的生产线平面方向基本平行和垂直二者之一。

4. 如权利要求 3 所述的装置，其特征在于，所述多个第一线圈元件基本上平行于所述多个第二线圈元件。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个第一线圈元件的所述线圈元件、所述多个第二线圈元件的所述线圈元件中各自组成多个导电回路。

6. 如权利要求 5 所述的装置，其特征在于，所述多个导电回路具有基本为矩形的形状。

7. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述多个导电回路基本上排列成一个在另一个的里面，所述形成最外侧导电回路的线圈元件电连接，使通过该回路的电流的极性与通过内侧导电回路的电流的极性相反，以使交变磁场周界成形为可使相邻样品的交叉耦合效应最小化。

8. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述多个导电回路基本上排列成一个在另一个的里面，所述装置进一步包括与从所述多个第一线圈元件形成的最外侧导电回路处于操作性关联的第一无源校正线圈以及与从所述多个第二线圈元件形成的最外侧导电回路处于操作性关联的第二无源校正线圈。

9. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述导电回路基本上排列成

一个在另一个的里面，且形成最内侧导电回路的所述线圈元件的间隔包括一个大于形成其它导电回路的所述线圈元件的间隔的间隙，以提高交变磁场中央的均匀性。

10. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，被电连接的所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件形成具有连续导电路径的单个线圈，还包括与所述线圈电连接的、形成磁共振射频探针的谐振电路。

11. 一种用于确定具有行进方向的生产线上的样品质量的磁共振测量的射频探针，该射频探针包括：

多个第一线圈元件，其基本上处于与生产线具有空间关系的第一平面；

多个第二线圈元件，其基本上处于第二平面，所述多个第二线圈元件电连接于，并且处于与行进的生产线平面方向呈基本平行和垂直的空间关系二者之一，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件隔开，使生产线上的样品和其周围的空气流基本上无阻碍地通过所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件的分隔区。

用于 NMR 重量检查系统的 RF 探针装置

发明领域

本发明涉及使用核磁共振 (NMR) 技术在容器于生产线上移动时对该容器进行重量检查。尤其涉及用于 NMR 重量检查系统的 RF 探针装置。

背景技术

在许多科学领域的尝试中, NMR 技术在测量、检测和成像中的使用已变得值得期待。NMR 的非入侵性、非破坏性特性方便了在包括但不限于, 化妆品、香水、化工、生物标本和食品的许多应用的工业仪器、分析和控制任务的应用。作为一个例子, 重量检查被制药工业用于在装填期间监测和调整密封玻璃小瓶中药物的量。药物重量可以小至几分之一克, 并要求以百分之几或更好的精度、以每秒数次称重的速率在几十克重的小瓶中称量。

如以下全面阐述, 通过引用结合于本文的国际专利申请第 WO 99 / 67606 号描述了使用 NMR 技术对为生产线上的样品进行重量检查的系统。该系统包括: 磁铁, 用于在询问区域上产生静磁场, 以在位于询问区域内的样品中产生净磁化强度; RF 线圈, 用于根据 NMR 原理在询问区域上施加交变磁场以使样品激励。

如 NMR 领域众所周知的, 磁共振的成功应用要求 RF 线圈在测试样品质子的位置产生均匀的磁场, 并且 RF 线圈对于来自外部源的电干扰 (即, 噪声) 具有最小灵敏度。在 NMR 系统中已经利用包括螺旋状的、鞍状和 Helmholtz 的许多基本 RF 线圈配置来满足这些限定。然而, 在连续生产线应用中, 另外的限定使这些形状不可使用。

例如, 在多个紧密贴近的包装物连续移动连续生产线应用中, 应使由 RF 线圈在与测试样品相邻的包装物位置所产生的场最小, 以免影响测试样品的场和测量 (即, 减少交叉耦合)。在诸如成排的药瓶同时在生产线上移动的药片包装等的应用中尤其关注这点。

药品包装也是对 RF 探针的另一个重要限定的例子。清洁的环境限制要求在小瓶附近不受阻的气流, 在这种应用中使用的任何 RF 探针必须设计成对气

流的阻碍最小。

期望提供用于 NMR 重量检查系统的一种 RF 探针装置，它可以在测试部位（最好是 RF 探针的中心）产生均匀的磁场，具有对来自外部源的电干扰的最小灵敏度，确定磁场的形状，使与不测试的包装物的交叉耦合最小，以及呈现对气流的最小阻碍。

发明概述

提供一种用于在磁共振测量的询问区域中施加一交变磁场来确定在具有行进方向的生产线上的样品的质量的装置，该装置包括：

多个第一线圈元件，其基本上处于与生产线具有空间关系的第一平面；以及

多个第二线圈元件，其基本上处于第二平面中，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件电连接、并与所述多个第一线圈元件存在空间关系，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件隔开，使生产线上的样品通过所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件的分隔区。

还提供一种用于磁共振测量的射频探针，用于确定在具有行进方向的生产线上的样品的质量，该探针包括：

多个第一线圈元件，其基本上处于与生产线具有空间关系的第一平面；

多个第二线圈元件，其基本上处于第二平面，所述多个第二线圈元件电连接于，并且处于与行进的生产线平面方向呈基本平行和垂直的空间关系二者之一，所述多个第二线圈元件与所述多个第一线圈元件隔开，使生产线上的样品和空气流基本上无阻碍地通过所述多个第一线圈元件和所述多个第二线圈元件的分隔区。

附图简述

图 1 是具有示例性 NMR 重量检查台的一部分生产线的立体图，该 NMR 重量检查台用于检查通过称重台的各容器具有所要求量的产品。

图 2 是根据本发明的示例性 RF 探针装置中的导电路径的示意图。

图 3 是图 1 所示的示例性 RF 探针装置的示例谐振电路的电路图。该图所示的谐振电路中，各电容器按串联配置来电连接。

图 4 是图 1 所示的示例 RF 探针装置的示例谐振电路的电路图。该图所示

的谐振电路中，各电容器按并联配置来电连接。

图 5 是根据本发明的示例性 RF 探针装置的立体图。

图 6 是根据本发明的示例性 RF 探针装置的正视图，以虚线示出通过 RF 探针的玻璃瓶和传送带。

图 7 是图 5 所示的示例性 RF 探针的左视图，示出通过 RF 探针的玻璃瓶。

图 8 是图 5 所示的示例性 RF 探针的后视图。

图 9 是图 5 所示的示例性 RF 探针的底视图。

发明详述

通过图 2 和图 5 到图 8 中的标号 10 概括性地表示根据本发明的示例性 RF 探针装置。如在图 1 中能看到的，RF 探针 10 用于无接触的 NMR 重量检查系统 20 中，检查在容器于生产线上连续地移动时容器中内容物的质量（或重量）。要求这种重量检查的一个示例性应用是药物的包装。

用于药物包装的示例性 NMR 重量检查系统

图 1 示出用药物样品来装填玻璃瓶 22 的生产线的一部分。“在线”提供的示例性重量检查台 24 用于无接触地称量经过的各装填的玻璃瓶，并且提供将药物量不够产品规格的小瓶从生产线上移除的废品台 26。通过有传送带 28 的传送器把瓶 22 从装填（和任选进行密封）台（未示出）传送到重量检查台 24，如箭头 30 所示，通过旋转传送轮 32 的转动传送带在 z 方向上移动。

重量检查台 24 采用 NMR 技术来确定各个小瓶 22 中的药物样品的质量。如本领域技术人员应理解的，玻璃瓶作为容器是有用的，因为它们不提供可能干扰测量过程的任何信号。在本实施方式中，重量检查台 24 包括永久磁铁 34、RF 探针 10（在图 1 中图示）以及具有处理器 38 的计算机控制系统 36。磁铁 34 在称为询问区域 40 的一个区域中在跨越传送带 28 的 x 方向上产生均匀的直流（DC）或静磁场。询问区域 40 在传送带 28 的长度上延伸，在整个传送带通过永久磁铁 34 均匀地施加静磁场。瓶 22 中的样品包含每个都有核子旋转导致的磁矩的核子，例如， 1H 核子（质子）。因为样品质子具有磁矩，所以当处于一定磁场的影响时样品能够获得净磁化强度。当样品在询问区域 40 中时，所施加的静磁场在样品中产生净磁化强度。在询问区域 40 之前或在其起始处的瓶位置检测器 42（如具有光束 46 的光学位置传感器 44）准确地和精确地检测

瓶 22 到达传送带 28 上在重量检查台 24 之前的已知物理位置的时间。

在大多数 NMR 系统中，静磁场强度是能使样品的拉莫尔（Larmor）频率在电磁频谱的射频范围内。在样品上施加样品的拉莫尔频率的并垂直于静磁场取向的交变电流（AC）磁场，会使样品的净磁化强度绕 AC 磁场轴旋转，且远离静磁场。在本实施方式中，通过在 RF 探针 10 施加相应的 AC 电流而产生这种磁场。改变传送到 RF 探针 10 的能量的量可以改变净磁化强度的旋转角度。

在本示例性实施方式中，导致 90° 旋转的激励场被用来激励样品。在将 90° 脉冲施加于样品后，样品处于高能量、非平衡状态，它从该状态会驰豫返回其初始平衡状态。在样品驰豫时，发射拉莫尔频率的电磁能量，其磁分量在 RF 探针 10 中感生电流形式的回应信号。

RF 探针 10 监测样品的净磁化强度返回其初始状态时样品发射的能量，并产生具有与发射的能量成比例的特性的输出信号。在本例子中，感生电流的特性即幅度随样品中的磁矩数变化，因此随样品中的分子数变化。然后将所接收到的信号传送到计算机控制系统 36，该系统对从未知样品接收到的信号的幅度与从具有已知质量（或重量）的校正样品接收到的信号的幅度进行比较，以确定所测试的样品的质量（或重量）。重量检查台 24 能够产生和接收在激励样品中的不同 NMR 响应元件时所需要的不同拉莫尔频率的信号。如果计算机控制系统 36 可以存储不同的各样品的校正数据，则重量检查台就能利用来自不同 NMR 响应元件的 NMR 信号的特性来确定各个样品的质量。

为说明目的而非限制，将描述图 1 所示的 NMR 重量检查台 24 的一般操作。首先，初始化重量检查台 24，包括安装适合待测样品的 RF 探针 10。一旦开始生产，传送带 28 连续传送要其样品质量（或重量）需要确定的小瓶 22。当每一个小瓶 22 到达由光学位置传感器 44 检测的位置时，光学位置传感器 44 产生准确地建立瓶 22 位置的信号，并传送至计算机控制系统 36。然后，在小瓶 22 前入询问区域 40 中的位置 P_M 时，计算机控制系统 36 追踪传送带 28 的移动，在该位置 P_M 小瓶 22 中的样品将返回最大样品回应信号。

在瓶 22 处于位置 P_M 时，RF 探针 10 的短暂通电立即被触发，在询问区域 40 施加交变磁场，使瓶 22 中样品的净磁化强度暂时被改变。RF 探针 10 监测在样品的净磁化强度返回到其初始平衡状态时小瓶 22 中样品发射的能量，并产生具有与所发射的能量成比例特性的输出信号，如电流幅度。计算机控制系统 36 接收 RF 探针 10 的输出信号。处理器 38 将电流幅度或其它输出信号特

性与从已知质量的至少一个类似样品得到的类似数据进行比较，从比较结果确定样品的质量。

RF 探针

本发明的示例性 RF 探针 10 的电结构示于图 2 至图 4，机械结构示于图 5 至图 8。更具体地，图 2 示出 RF 探针 10 导电路径的示意图，图 3 和图 4 示出示例性 RF 探针 10 的两种谐振电路形式的电路图，图 5 至图 8 示出 RF 探针 10 的物理形式的正视图、左视图、后视图以及底视图。

如在图 2 左图 5 看到的，本发明的 RF 探针 10 包括线圈 100，该线圈具有分别支撑在两个相对的有矩形横截面的外壳 106 和 108 内的多个导电回路 102 和 104。外壳 106、108 是隔开的，并且平行，造成“开路探针”配置。开路探针配置允许载有要检测其内容物的瓶 22 的传送带 28 从外壳 106 和 108 之间通过，并且允许在瓶 22 和传送带 28 周围的气流基本上不受阻碍地通过。导电回路 102、104 和载有这些回路的外壳 106、108 放置成线圈 100 的纵轴的方向可以与传送带 28 成水平或垂直的空间关系。

外壳 106 中的导电回路 102 和外壳 108 中的导电回路 104 电连接，以呈现电磁意义上的单个连续的线圈 100。详细的导电路径示于图 2。导电回路 102 包括组成内回路 118 的多个线圈元件 110、112、114 和 116 以及组成在内环 128 的多个线圈元件 120、122、124 和 126，和在线圈元件 130 和 134 的开路端接地的组成外回路 138 的线圈元件 130、132 和 134。类似地，导电回路 104 包括组成内回路 148 的多个线圈元件 140、142、144 和 146，与反绕匝线圈元件 156 组成内回路 158 的线圈元件 150、152 和 154，以及与反绕匝 168 的组成反绕外回路 168 的线圈元件 160、162 和 166。

四个导体将导电回路 102 和 104 分别与不同的外壳 106 和 108 电连接。导体 170 与内回路 118 和 148 电连接；导体 172 与内回路 128 和 158 电连接；导体 174 与外回路 138 和 168 电连接；导体 176 与内回路 128 和 148 电连接。

用箭头示出在每个垂直线圈元件和每个导体上的导电路径。可以看到该路径从线圈 110 和 116 的各一端相互电连接并和发射机的输出和接收机的输入相互电连接的节点处开始，并顺序行进通过内回路 118、导体 170、内回路 148、导体 176、内回路 128、导体 172、内回路 154、反绕匝回路 168、导体 174、内回路 138 以及接地返回到发射机输出和接收机输入。

本领域技术的技术人员应该理解，正绕和反绕的匝数将依据包装物尺寸所需的线圈大小来变化。在本例子中，已经发现具有两个正极性和一个反极性回路的 RF 探针 10 对 2 ml 体积的药物小瓶 22 相关的尺寸是最佳的。本领域技术的技术人员会进一步理解，在线圈 100 的端点处的这些反极性匝或多个匝将交变磁场周边有效成形，使来自与测试样品相邻的样品的交叉耦合效应最小，即使除测试样品外的瓶 22 的位置处，最好是 RF 探针装置 10 的中心处的交变磁场最小。可选择或另外地，为相同的目的是可以通过包括校正线圈 180 和 182 将交变磁场周界无源地成形。校正线圈 180、182 可以由用于导电回路 102 和 104 的同样的电连接的线圈元件形成，并类似地包含在线圈 100 端点处的外壳 106、108 中。

RF 探针 10 包括谐振电路 189，以在有益频率处产生需要的交变磁场短脉冲。示例性地，合适的谐振电路包括图 3 和图 4 中所示的那些电路。在图 3 中，线圈 100 的端子上并联地电连接具有用户可调电容量的可调节调谐电容器 190，以及一个或多个固定电容量的调谐电容器 192。调谐电容器 190、192 设置和调节 RF 线圈 10 的谐振频率。将并联地电连接的可调节的匹配电容器 194 和一个或多个固定电容量的匹配电容器 196 在线圈 100 的一端与用于 NMR 重量检查台 20 的接收机（未示出）和发射机（未示出）之间串联电连接。匹配电容器 194、196 使加负载的 RF 探针 10 的阻抗与从接收机和发射机的电缆的特性阻抗（通常为 $50\ \Omega$ ）相匹配。在发射机和匹配电容器 194、196 之间串联连接的四个二极管网络 198 将接收机与发射机隔开，否则发射机的功率会使接收机过饱和。可以把任选的并联电阻器 200 跨接在线圈 100 上，在重量检查台 24 不处于操作时可以耗散任何存储的能量。

图 3 所示的谐振电路配置通常称为串联谐振电路 202。在图 4 中，调谐电容器 190、192 和匹配电容器 194、196 的电连接按通常称之为并联谐振电路 204 的形式互连。

如下进一步详细说明的，通过在各外壳 106、108 的内表面涂覆导电材料如铜，可以对重要的附加交变磁场进行成形并使干扰最小。当线圈 100 通电时，在该导电涂层中引起涡电流，有助于形成交变磁场周界和减小交叉耦合以及其它外部干扰。

图 5 至图 9 清楚地示出本文描述的用于确定 2 ml 药物瓶 22 的内容物质量的示例 RF 探针 10 的机械结构。从一般的机械有利情况，RF 探针 10 包括两个

空间关系上为平行的、基本为矩形的外壳 106 和 108，在两个外壳之间提供通道 210；在外壳 106、108 的底部把它们连在一起的平底板 212；在外壳 106、108 的顶部把它们连在一起的可移动平顶板 214；以及安装在顶板 214 一侧的电容器盒 216。

确定外壳 106、108 和过道 210 的尺寸为允许传送带 28、传送带上所有的瓶 22 以及周围的气流无阻碍地通过 RF 探针 10 的中心，待测样品所处的优选位置是磁场最均匀的位置。在本例子中，发现较合适的是：传送带携带多排 2 ml 的瓶 22，外壳 106、108 高约 20 cm、宽 20 cm 和深 10 cm，具有的过道为约 10 cm。两个底板 212 和顶板 214 中可以具有基本上为开口的孔，以进一步便于气流无阻碍通过。

本领域普通技术的用户应该理解，必须针对每个独特包装物的体积和尺寸配置 RF 探针 10 并最优化。因此，要求 RF 探针 10 能便于用户拆卸和安装，使传送带 28 能用于各种包装物。为此，可以使连接外壳 106 和 108 底部的元件便于拆卸。因此，用有螺纹的螺栓和帽型螺母 218 把顶板 214 固定在外壳 106、108 上时，可以用有螺纹的螺栓和翼型螺母 220 固定底板 212。

如上所述，导体 170、172、174 和 176 和接地的连接必须在外壳 106 和 108 中的线圈元件之间通过。在本例子中，示出这些导体中的三个导体在外壳 106 和 108 的顶部刚好在顶板 214 下面通过。提供基本为 U 形的通道 222，该通道具有用于安装到顶板 224 的有螺纹的螺栓上的法兰 224，通道用来保护在外壳 106 和 108 顶部处通过的导体，并为它们之间的气流和空间提供方便。可以通过两个多插脚块连接器 226 和 228 电连接其它导体，这种多插脚块连接器 226 和 228 具有多个插脚 230，适合于使高频电流在导电回路 102 和 104 中通过，它们分别安装在外壳 106 和 108 的底部。配偶桥式连接器可拆卸地啮合和电连接在块连接器 226 和 228 内的插脚 230。

电容器盒 216 载有结合图 3 和图 4 所述的谐振电路元件。通过接近电容器的可旋转轴处的可拆卸盖 234，对于可调谐电容器 190 和 194 进行调节，用户可以通过电容器的可旋转轴进行改变电容值。另一个可拆卸盖 236 接近电容器盒 216 的内部。最好所有可拆卸盖都配备有加载银的 vitron “O”形环密封，以提高 RF 密封和气密密封。电容器盒的内部最好用诸如铜之类的导体进行涂覆，以提高 RF 掩蔽。如上所述，电容器盒 216 位于外壳 108 之上并固定在外壳 108 上。虽然这种不对称的安装经常会加剧噪声，但是在本申请中，发现可期望使

气流最大。

在 NMR 重量检查系统 20 中的射频响应严格地取决于多个因素，并且可能对 NMR 测量产生有害影响。因此，必须仔细地选择用于制造 RF 探针 10 的材料，以提供低的磁性和交互作用，便于制造，使成本最低以及可用性。此外，在制药应用方面，所有材料必须与符合上述环境要求。所以，例如，为外壳 106 和 108 选择的材料必须能够承受所使用的清洁剂，并且不会褪色或在机械性能不会下降。

发现与 RF 探针 10 一起使用的可接受的材料包括 316 级或更好的不锈钢的材料，用于外壳 106 和 108、电容器盒 216、底板 212、顶板 214 和所有可拆卸的盖。应该用诸如铜和金之类的合适的 RF 屏蔽导体镀覆所有内部表面和柱头螺栓。发现可接受的印刷电路板材料为 Diclاد 880。连接器块和电容器支架成功地使用商业上称为 Delrin 的醋酸基材料。最好用聚四氟乙烯 (PTFE) 来制造通道 222。

应该理解，本文中描述的实施方式只是示例性的，在不偏离本发明的精神和范围下本领域的技术人员可以进行许多变更和修改。各实施方式可按需选择或组合的形式实施。所有这些修改和变更都旨在包含于所附的权利要求书中限定的本发明的范围内。

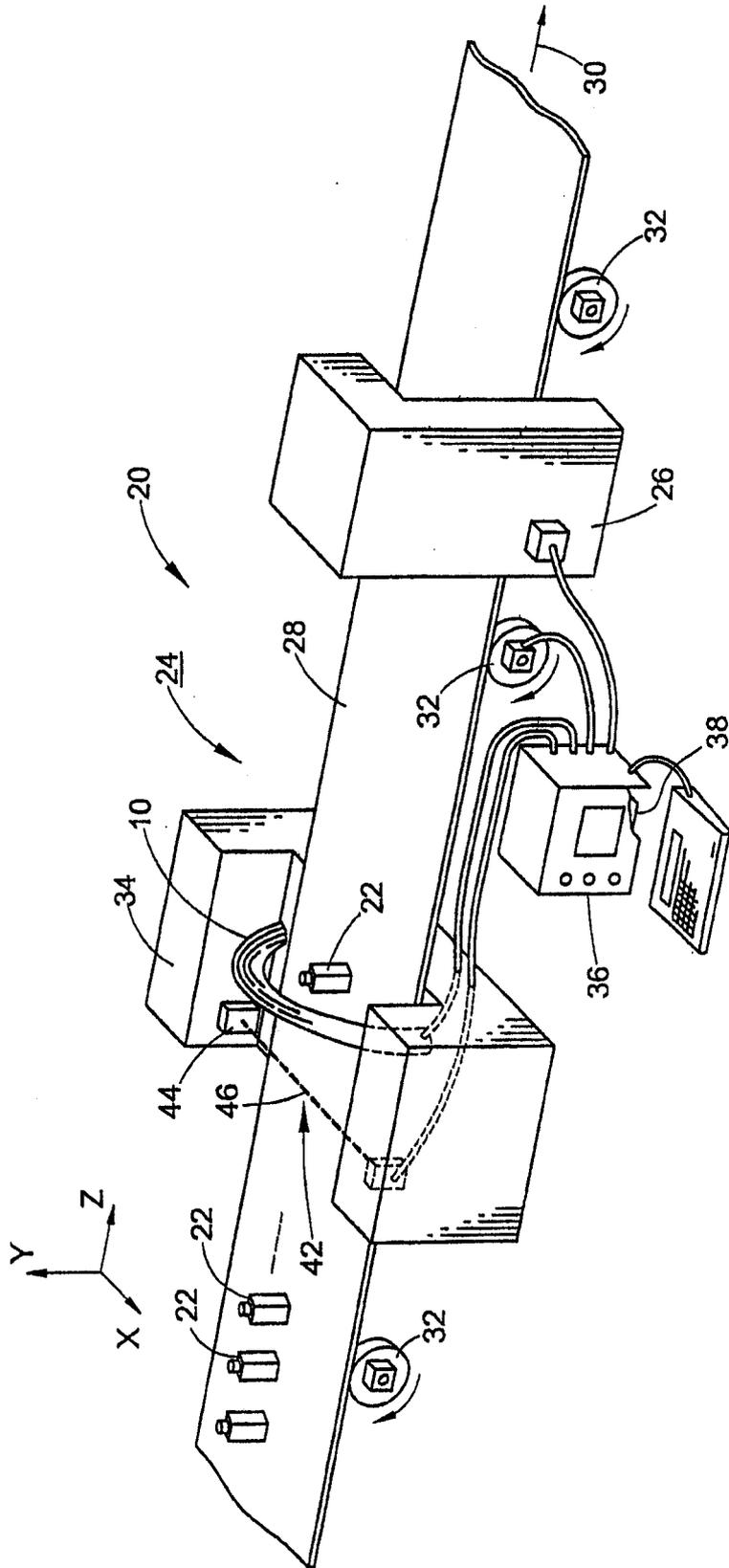


图 1

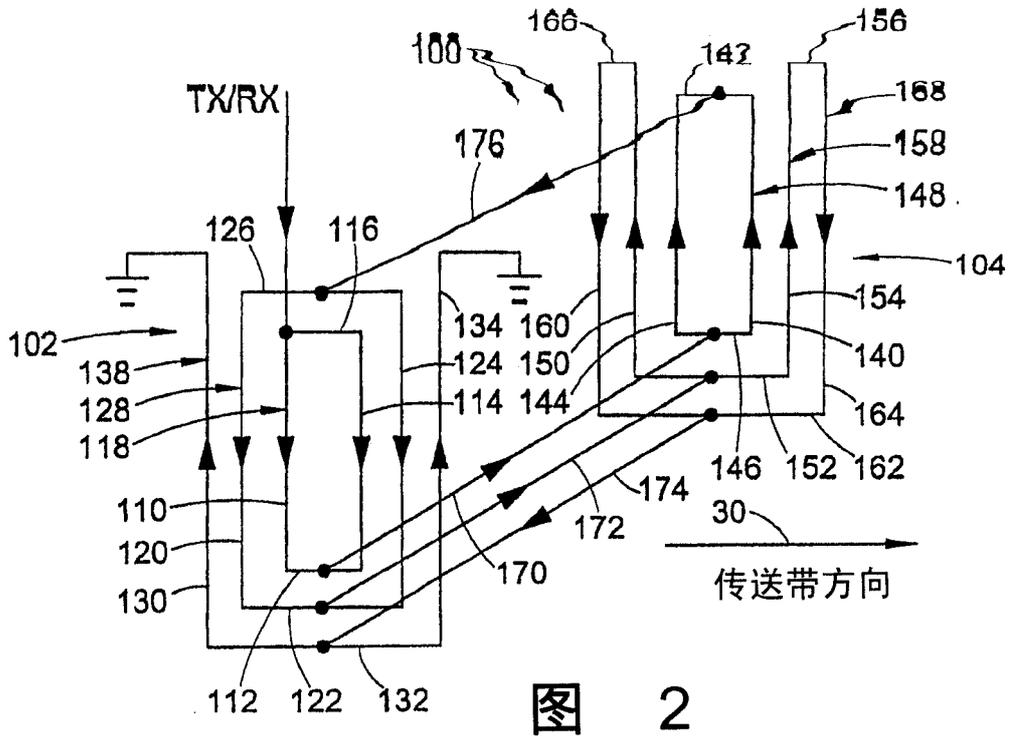


图 2

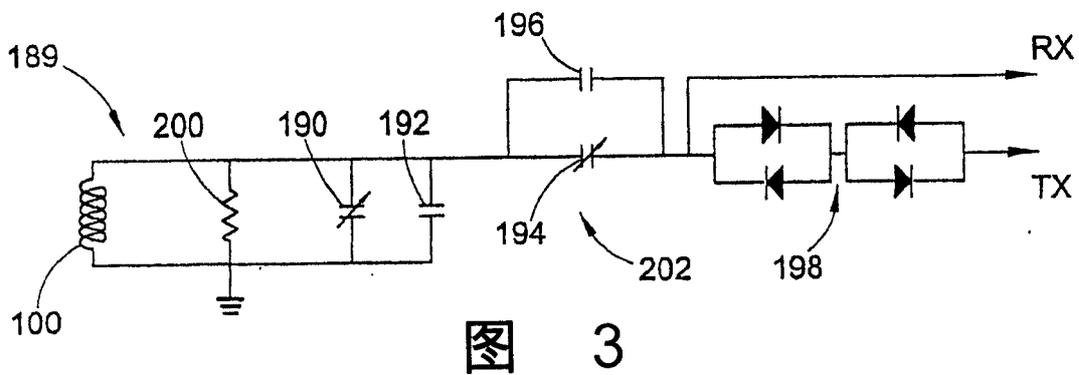


图 3

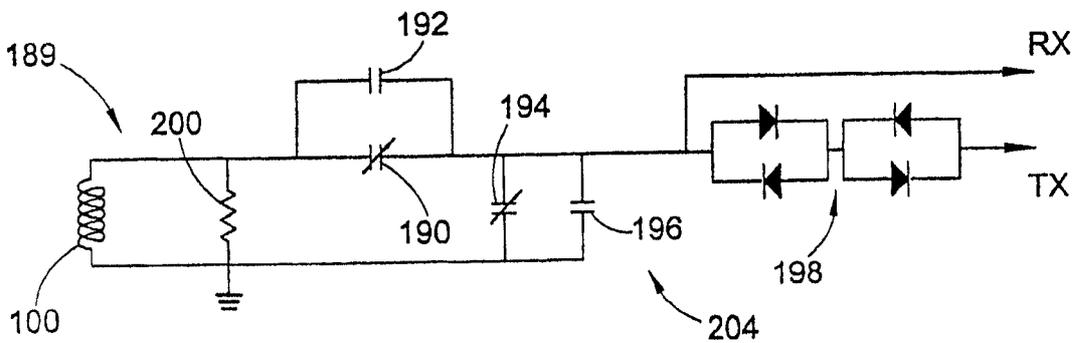
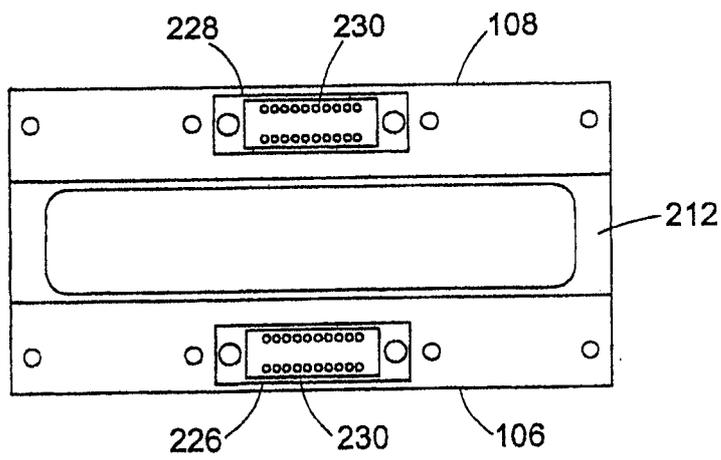
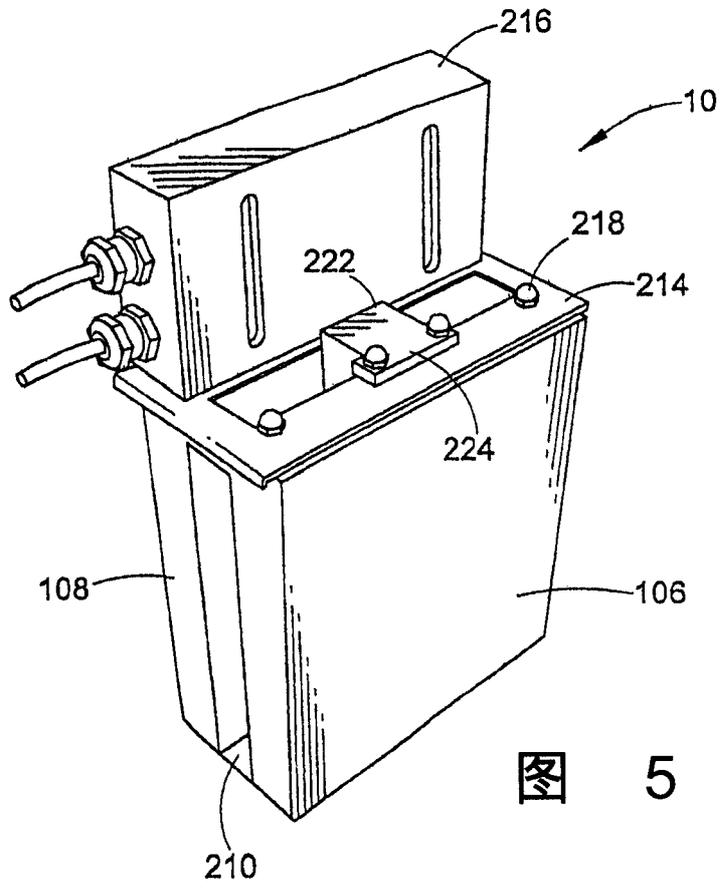


图 4



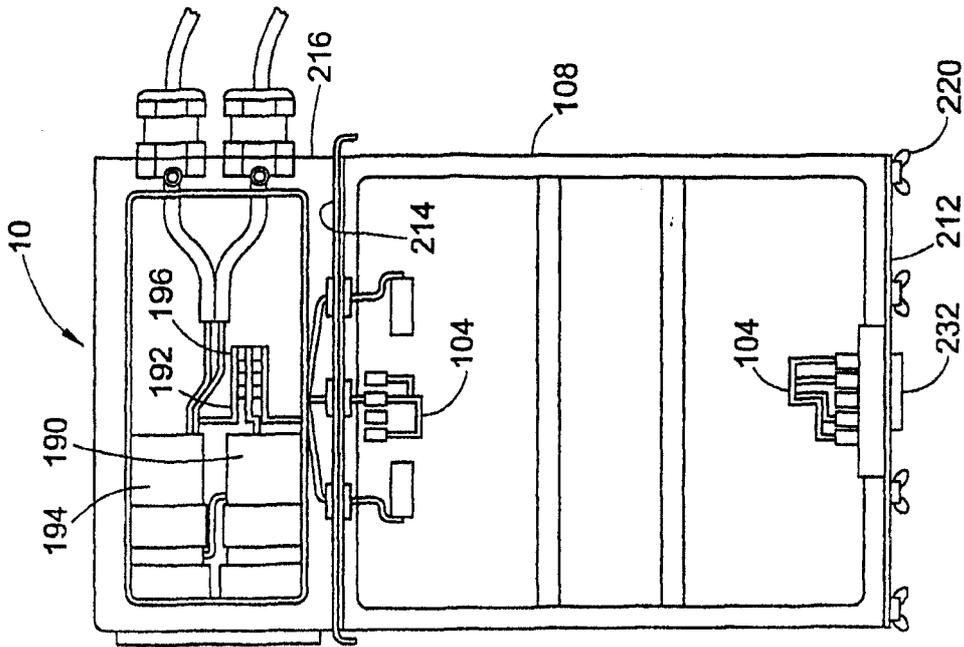


图 8

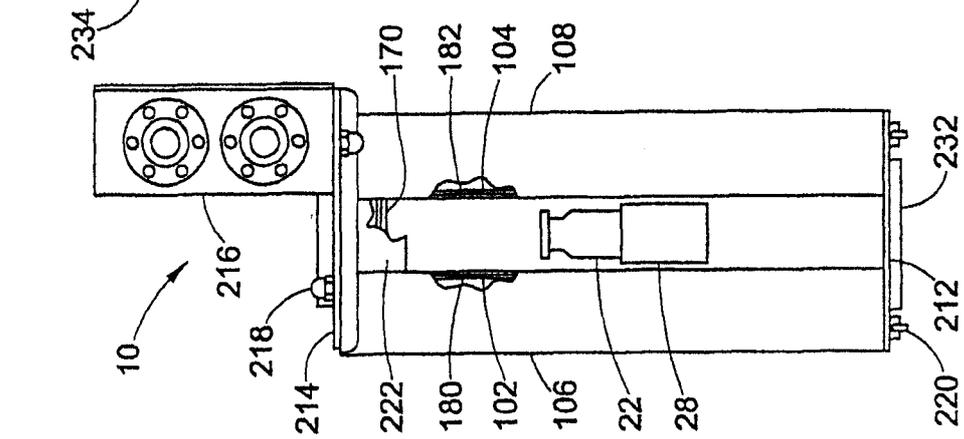


图 7

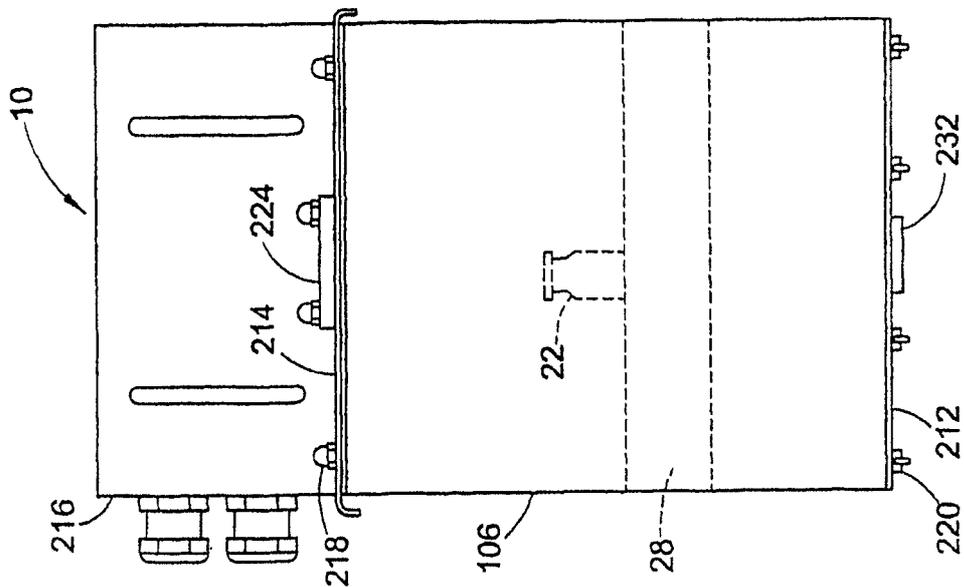


图 6