

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01V 3/30

E21B 49/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510062635.5

[43] 公开日 2005年10月5日

[11] 公开号 CN 1677129A

[22] 申请日 2005.4.1

[21] 申请号 200510062635.5

[30] 优先权

[32] 2004.4.1 [33] US [31] 10/708926

[71] 申请人 施卢默格海外有限公司

地址 巴拿马巴拿马城

[72] 发明人 M·A·弗雷德特 J·S·哈尔

M·T·弗里 D·迪安

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

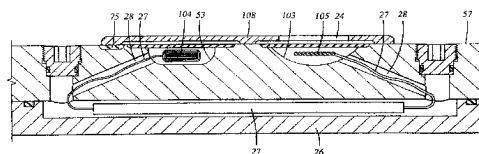
代理人 廖凌玲 黄力行

权利要求书3页 说明书15页 附图15页

[54] 发明名称 一种组合式传播和横向电阻率井下仪器

[57] 摘要

一种具有感应/传播天线和横向电阻率天线的组合式电阻率测井仪器，其中所述的天线设置在井下管子的凹槽内，其中横向电阻率天线具有设置在凹槽内的绝缘基层；设置在绝缘基层上的环形天线；以及设置在凹槽上的防护罩。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种设置在管子凹槽内的横向电阻率传感器，所述管子具有纵向轴线并适用于地下布置，所述的横向电阻率传感器包括：
设置在凹槽内的绝缘基层；
5 设置在绝缘基层上的环形天线；以及
设置在凹槽上的防护罩，其适用于防止电流在环形天线附近沿平行于管子的纵向轴线方向沿着防护罩流动。
2. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于还包括设置在所述凹槽剩余部分内的绝缘填充物。
- 10 3. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于其还包括设置在环形天线附近的压力补偿机构。
4. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述的环形天线具有设置在绝缘基层上的导线。
5. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述环形
15 天线具有环形芯体，该环形芯体由环绕绝缘基层缠绕的导磁材料或者设置在凹槽内的铁氧体材料制成。
6. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述的防护罩具有绝缘机构，以防止电流在平行于管子纵向轴线的方向上沿着防护罩流动。
- 20 7. 如权利要求 6 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述绝缘机构具有充满绝缘材料的环形间隔。
8. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于其包括设置在防护罩与管子之间的连接处的电绝缘材料。
9. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述管子
25 为钻铤。
10. 如权利要求 1 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述管子为电阻率测井仪器。
11. 如权利要求 10 所述的横向电阻率传感器，其特征在于所述电阻率测井仪器包括：
30 细长的导电第一管子，其具有中心孔和沿其壁的绝缘周向开口，以防止电流穿过所述开口流动；
细长的导电第二管子，其具有安装在其上的横向电阻率传感器；

其中所述的第二管子设置在第一管子内，以便横向电阻率传感器位于第一管子内的绝缘周向开口附近；以及

当第二管子设置在第一管子内时，其中所述的电流通路形成于绝缘周向开口任一侧的第一管子与第二管子之间。

5 12. 如权利要求 11 所述的电阻率测井仪器，其特征在于当第二管子设置在第一管子内时，所述的导电连接件位于绝缘周向开口任一侧的第二管子的外表面与第一管子的内表面之间。

10 13. 如权利要求 12 所述的电阻率测井仪器，其特征在于所述的导电连接件通过两个管子之间直接接触形成或者通过设置在两个管子之间的导电元件形成。

14. 一种用于将横向电阻率传感器安装在具有纵向轴线并适于地下布置的一部分管子上的方法，其包括：

在该部分管子的外壁上产生一个凹槽；

在凹槽内形成由绝缘材料构成的基层；

15 通过在基层上缠绕导磁材料形成一环形芯体；

在环形芯体上缠绕导线以形成环形天线；以及

在凹槽上安装防护罩组件，所述防护罩组件适于防止电流在环形天线附近沿平行于纵向管子轴线的方向上在防护罩内流动。

20 15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于其还包括用绝缘填充物填充凹槽的剩余部分。

16. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于其还包括用压力补偿机构改装所述的凹槽。

25 17. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于其还包括在形成环形天线之前在基层上设置一简管，其中所述的简管具有一槽以引导导磁材料的缠绕。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于其还包括在简管的槽内在环形芯体上方设置绝缘材料。

30 19. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于所述的防护罩具有绝缘机构，以防止电流在环形天线附近沿平行于管子的纵向轴线方向沿着防护罩流动。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于所述的绝缘机构具有在防护罩内由绝缘材料填充的环形间隔。

21. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于其还包括在防护罩与管子之间的导电连接处设置电绝缘材料。

一种组合式传播和横向电阻率井下仪器

技术领域

5 本发明通常涉及地下勘探和开发领域，尤其是，本发明涉及测量
井眼所穿过地层电阻率性质的方法和装置。

背景技术

电阻率测井仪器被用来测量井眼周围地层的电阻率已经好多年
了。通常，电阻率测量是在井眼完钻之后将电缆传输测井装置下入井
10 眼而进行的。然而，电缆测量必须具有钻井时间与进行测量时间之间的
延迟。一种较好的方法是在钻井的同时进行这样的测量，以便如果
需要可采取正确的措施。例如，如果实时可用的井眼信息可用于调整
泥浆重量以避免伤害地层和提高井的稳定性。此外，实时地层测井数
15 据可用于使钻头直接指向所需的方位（即地质导向）。另一方面，如
果在延迟之后进行测量，钻井液（“泥浆”）可侵入地层并改变井眼
区域附近的性质。由于这些原因，随钻测井（LWD）和随钻测量（MWD）
技术发展起来。在本公开中，LWD 将用于既包括 LWD 技术也包括 MWD
技术。

图 1A 示出了布置于井眼内典型的 LWD 系统。钻柱 1 悬挂在井眼 3
20 内，其底端连接有钻头 5。钻柱 1 和其连接的钻头 5 在下井时由转盘 9
带动旋转，这使得钻头 5 得以穿透地层 11。在钻头 5 钻穿地层 11 时，
泥浆被向下泵入并穿过钻柱 1 的中心孔以润滑钻头 5 及将岩屑从井底
经过井眼 3 和泥浆管线 13 携至地面。在钻头 5 的后面为 LWD 钻铤 15
部分，其可包括一系列的电阻率传感器 15a 或本领域所公知的任何其他
25 其他类型的传感器。可以理解，在本公开中所用的“传感器”包括天线、
螺线管以及电极（其可用作发射器和/或接收器）。电阻率传感器 15a
在钻头 5 钻穿地层 11 时测量地层 11 的电阻率，从而在泥浆侵入地层
11 之前进行测量。

通常，有两种类型的测量地层横向电阻率的 LWD 仪器和感应或传
30 播仪器。这些仪器中的每一种取决于电磁（EM）测量原理。传播型的
仪器向地层发射高频电场，以通过测量接收器内感应出的电压或测量
一对接收器之间或发射器与接收器之间的差值响应来确定井眼和地层

响应。例如，对于传播仪器来说，输入信号的相位和振幅可相对于用于激励接收器的信号的相位和振幅在多个接收器的每一个接收器处进行测量。感应型接收器产生感生出电流以在地层内流动的磁场。这些电流产生第二磁场，其作为设置在距发射器天线一定距离处的接收器
5 天线内感应电压而被测量。感应和传播仪器在使用包括绝缘泥浆（如油基泥浆）的相对非传导性泥浆而在相对传导性地层中钻出的井中工作得最好。常用的感应和传播仪器不用于解决井眼周围的电阻率变化。

常规的感应或传播仪器使用线绕线圈或螺线管作为发射器和接收器
10 天线。通过在仪器本体周围缠绕线圈并使其封装在绝缘填料内，然后用橡胶密封整个组件，从而使该天线设置在所述仪器上。虽然感应仪器和传播仪器一般以不同的频率工作，并且在某些情况下可用于探测不同的地下性质（如使用传播仪器探测地层的介电性能），但是在大多数的情况下，它们以相似的方式用来测量地层电阻率。因而，此
15 处对感应仪器的任何参考可理解为可与传播仪器进行互换，反之亦然。

横向仪器通常使用一个或多个天线或者电极向地层发射低频横向
20 磁场以通过测量流过地层到达接收器的电流来确定井眼和地层响应。这一技术在利用如水基泥浆的传导性泥浆而钻出的相对有阻地层中工作得最好。横向电阻率仪器在井眼周围地层电阻率测量中一般响应于方位的变化。

为了向地层发生横向磁场，横向仪器一般使用环形发射器，其是
25 通过在环形导磁芯体（环形芯体）周围缠绕导线而制成的。为了探测地层中流动的电流，横向仪器使用电极（如环形电极或者钮扣电极）接收器或环形接收器。在常规的 LWD 仪器中，环形发射器或接收器通常固定在套筒内，该套筒在组装的最后阶段被滑到钻铤上。

图 1B 示出了典型的横向电阻率仪器。如图所示，所述的仪器具有
30 两个设置在钻铤 15 内的发射器 T1 和 T2。两个监控天线 M0 和 M2 也包括在其内。发射器（电流发生器）天线 T1 和 T2 及监控天线 M0 和 M2 被示为环形线圈，其将在下面被详细描述。电阻率仪器也可包括其他电极接收器，如环形电极 R 和钮扣电极 B、B'。环形电极 R 和钮扣电极 B、B' 为设置在钻铤 15 上的导电电极，但是它们通过绝缘材料而与钻铤

15 电隔离。环形电极 R 为设置在钻铤 15 周围的导电金属带。环形电极 R 通常测量方位平均电流。另一方面，钮扣电极 B 和 B' 通常设置在所述仪器的一侧。钮扣电极 B 和 B' 能够进行方位测量和高分辨率成像。

5 如上所述，感应/传播传感器在利用包括油基泥浆的有阻泥浆而钻的相对低电阻率（或导电）地层中工作得最好。然而，这些仪器通常不用于利用井眼周围的方位敏感性来解决电阻率变化。横向仪器更适于利用导电泥浆来钻有阻地层，并且使用钮扣电极的横向测量一般对方位变化敏感。

10 由于横向和感应/传播装置在特定的环境中工作得特别好，所以它们互有优势。然而，司钻由于缺乏必要的信息而难以做出对于特定井所用仪器类型的正确选择，因此，不同类型的测井仪器常常在一次测井过程中组合在一起使用。在电缆测井操作中，横向仪器常常与感应仪器同时使用，以提供浅层探测并更好确认受到导电泥浆侵入的区域。将这些仪器分别下井在操作上效率不高，在成本上也不合算。此外，当需要确定泥侵前地层的电阻率时，分别进行测井可产生较差的精度。由于相对于地层层段和几何形状的测量信号通道从一个测井通道变到另一通道，也会产生精度不高。因此，在一个仪器内或系统内为多模式电阻率测量提供不同类型的源/或传感器是理想的。

15 在一个仪器内使用两种类型的传感器的电阻率测井的示例在授权给 Sinclair 等的美国专利 US5,428,293 中已有披露。这一专利中所描述的测井方法使用低频和高频传感器在多个探测深度进行测量以检测泥浆的侵入。虽然这些方法建议在同一钻铤内使用具有低频和高频的传感器的仪器，但是并没有详细地披露所述仪器构造的信息。

20 在设计用于 LWD 仪器的任意传感器时，在钻井操作期间承受侵蚀和恶劣环境的防护罩是必要的。因为横向和传播电阻率传感器在不同的 EM 测量原理下工作，所以它们具有不同的防护需求。具有置在钻铤壁中凹槽内的传播电阻率天线和配有防护罩的 LWD 仪器在本领域是公知的。传播仪器的构造在授权给 Clark 等人的美国专利 US5,594,343 中进行了详细的描述。

25 30 图 2A 示出了为传播电阻率测量而设置的典型钻铤 21 的剖面。钻铤 21 具有环绕暴露于某一所需深度的钻铤的凹槽 29。传播电阻率传感器 25 设置在凹槽 29 内。钻铤 21 具有设置在其内的内套筒或壳 26 从

而形成包围电子模块 22 的空隙。模块 22 通过穿过钻铤 21 的壁的通孔 28 的电连接 27 连接到传感器 25 上。传感器 25 封装在凹槽 29 (如具有玻璃纤维填充物 20) 内并覆盖有橡胶过成型件 (rubber overmolding) 19。防护罩 23 附着在凹槽 29 上的过成型件 19 的外部, 5 用来防止传感器 25 在钻井期间受到伤害。钻铤 21 还可设置有增加传感器保护的磨损带 38。如图 2B 所示, 防护罩 23 具有多个纵向狭槽 24, 狭槽 24 内装有本领域所公知的绝缘材料。

横向电阻率传感器 (如环形天线) 在地层内感应出磁场。图 3A 示出了常规的横向电阻率传感器, 其在 Bonner 等的 “A New Generation of Electrode Resistivity Measurement for Formation Evaluation While Drilling” (SPWLA, 35th Annual Logging Symposium, June 10 19-22, 1994, Paper 00) 和授权给 Bonner 等的专利 US5,339,037 中被披露。一种 LWD 钻铤 31 被示出。一种横向电阻率传感器被制作成套筒 30, 其滑套在钻铤 31 上并紧固在合适的位置。

15 图 3B 示出了 Bonner 等的专利中所描述的横向传感器 30 的放大部分。如图所示, 环形天线 35 具有缠绕在芯体上的导线 33, 所述天线嵌在绝缘材料 36 内并由金属防护罩 37 所保护。为了在地层内感应出横向磁场, 用于横向传感器的防护罩不应短路电流。仅仅导电防护罩 37 的一端——上端接触钻铤 31。授权给 Redwine 等的美国专利 20 US3,408,561 描述了具有金属防护外壁的环形天线。其中提出的环形天线被构造在金属筒内, 其滑入并旋紧在钻铤上。

因此, 具有将横向型的电阻率传感器和传播/感应型的电阻率传感器组合在一起进行电阻率测量的井下仪器的需求。还需要有直接将源/传感器结合在所述仪器上的这种仪器。

25 发明内容

本发明提供了一种设置在管子凹槽内的横向电阻率传感器, 所述管子具有纵向轴线并适于地下布置, 所述的横向电阻率传感器包括: 设置在凹槽内的绝缘基层; 设置在绝缘基层上的环形天线; 以及设置在凹槽上的防护罩, 其适用于防止电流在环形天线附近沿平行于管子的纵向轴线方向上沿着防护罩流动。 30

本发明提供了一种电阻率测井仪器, 其包括: 设置在一细长的管子上的传播或感应电阻率天线, 所述管子具有纵向轴线并适于地下布

置；设置在细长管子凹槽内的横向电阻率传感器；以及设置在管子上的防护罩以覆盖所述的横向电阻率传感器，其适用于防止电流在横向电阻率传感器附近沿平行于管子的纵向轴线方向在防护罩内流动。

5 本发明提供了一种电阻率测井仪器，其包括：细长的导电第一管子，该管子具有中心孔和沿其壁的绝缘周向开口，以防止电流穿过所述开口流动；细长的导电第二管子，该管子具有安装在其上的横向电阻率传感器；其中所述的第二管子设置在第一管子内，以便横向电阻率传感器位于第一管子内的绝缘周向开口附近；以及当第二管子设置在第一管子内时，其中所述的电流通路形成于绝缘周向开口任一侧的
10 第一管子与第二管子之间。

本发明提供了一种将横向电阻率传感器安装在管子上的方法，所述管子具有纵向轴线并适用于地下布置。所述方法包括：在管子区段的外壁上产生一个凹槽；在凹槽内形成由绝缘材料构成的基层；通过在基层上缠绕导磁材料形成一个环形芯体；在环形芯体上缠绕导线以
15 形成环形天线；以及在凹槽上安装防护罩组件以覆盖所述的环形天线，所述防护罩组件适用于防止电流在环形天线附近沿平行于管子的纵向轴线方向在防护罩内流动。

本发明提供了一种利用一细长管子来制造电阻率测井仪器的方法，所述管子具有纵向轴线并适于布置在地层内。所述方法包括：在
20 所述管子内的凹槽内设置一横向电阻率传感器；在所述管子上设置一感应或传播电阻率天线；以及在所述管子上设置防护罩以覆盖所述的横向电阻率传感器，并且该防护罩适于防止电流在横向电阻率传感器附近沿平行于管子的纵向轴线方向在防护罩内流动。

从下面的描述和所附的技术方案中，本发明的其它方面和优点将
25 变的明显。

附图说明

图 1A 示出了具有设置在井眼内的井下仪器的常规的 LWD 系统。

图 1B 示出了常规的横向电阻率测井仪器。

图 2A 示出了常规的传播电阻率测井仪器的横剖面。

30 图 2B 为图 2A 中的仪器外部的视图。

图 3A 示出了具有安装有套筒的横向电阻率传感器的常规电阻率测井仪器。

图 3B 为图 3A 中仪器的横向电阻率传感器的详细视图。

图 4 为根据本发明设置在管子上的环形天线的示意图。

图 5 示出了根据本发明安装在管子的凹槽内的环形天线的横剖面。

5 图 6 示出了根据本发明具有作为引导件位于管子的凹槽内的筒管的环形天线的横剖面。

图 7A 示出了根据本发明用于横向传感器的防护罩。

图 7B 示出了根据本发明适于电阻率传感器的防护罩。

图 8 为根据本发明设置在管子上的保护性的防护罩的横剖面。

10 图 9 为根据本发明具有压力补偿机构的横向传感器的横剖面。

图 10 为根据本发明具有绝缘的裂口或间隔的管子的示意图。

图 11 示出了根据本发明设置在管子上并由整体式的防护罩保护的组合式横向传感器和传播传感器。

15 图 12A 示出了根据本发明具有设置在钻铤的凹槽内的横向传感器的电阻率和成像 LWD 仪器。

图 12B-D 为图 12A 中所示传感器的详细视图。

图 13 示出了根据本发明将横向传感器安装在管子上的方法的流程图。

20 图 14 示出了根据本发明将横向和传播传感器安装在管子上的方法的流程图。

具体实施方式

本发明的实施例涉及测量一井眼所穿过地层的 EM 性质的方法和装置。本发明的实施例包括使用横向及感应或传播 EM 传感器确定地层同一区域中的电阻率的仪器。本发明的一些实施例涉及制造或组装这些
25 仪器的方法。根据本发明的实施例，横向型和传播型传感器在地下使用的管子内配合应用。如果需要，在同一管子内横向和传播传感器的组合使用使得在所述管子上使用一个整体式传感器防护罩组件成为可能。更重要的是，横向和传播传感器的组合使用使得在一次通过中从同一地下区域获得多模式电阻率测量成为可能，从而更为精确、更加
30 可靠地确定地下电阻率。

根据本发明的实施例，用于横向电阻率仪器的环形传感器安装在井下管子内。如上所述，常规横向电阻率仪器的环形发射器或接收器

通常安装到套筒内，该套筒是滑到所述的管子上的。这种设计选择受多种因素的影响，如具有空隙的钻铤的物理强度的限制、制造上的困难以及维护或更换的轻易程度等。本发明的发明人所做的应力分析表明，具有切入其外壁并且其尺寸和形状能够容纳环形传感器的凹槽的钻铤不会显著的削弱所述的管子。

图 4 示出了根据本发明的一个实施例的横向电阻率传感器（环形天线），其固定在管子的凹槽内。图 5 示出了该环形传感器的纵向剖面的一部分。如图 4 和 5 所示，管子 57 具有凹槽 53。凹槽 53 的底部被切入到某一深度。具有环形天线 50 的横向传感器设置在凹槽 53 内，所述的环形天线 50 由磁性芯体 51 和导线 52 构成。

根据本发明的一个实施例，环形天线 50 可设置在凹槽 53 内的合适位置处。环形天线 50 可通过在凹槽 53 的底部设置绝缘材料而固定在合适的位置，从而形成基层 55。绝缘的基层 55 可具有沟槽 56 以为缠绕在凹槽 53 内的环形芯体 51 上的导线 52 提供通道。

磁性芯体 51 设置在凹槽 53 内的基层 55 上。一种方法是通过在凹槽内缠绕由铁磁材料制成的条带而将磁性芯体 51 固定在合适的位置。可选择地是，磁性芯体可由铁磁材料（如铁氧体）制成的零件组装在凹槽内。芯体 51 还可成块组装并用环氧树脂浸渍以固定所述的结构（未示出）。合适的铁磁性条带的一个示例为 SUPERMALLOY™ 条带，例如其可为 1 英寸（2.54cm）宽、0.002 英寸（0.05mm）厚。SUPERMALLOY™ 为适于带绕芯体应用的高提纯并经过特殊处理的 80% 的铁镍合金，并且其能够由商业源如 Magnetic Metal Company（Anaheim, CA）获得。SUPERMALLOY™ 被制成具有高的原始导磁率和低的损耗。对于某些应用，可以不需要高导磁率的磁性芯体，相对导磁率为 1 的芯体就足够了。磁性条带绕绝缘基层 55 圆周缠绕，从而形成导磁环形芯体 51。所述的缠绕直到获得了所需厚度（如 0.10 英寸 [0.254cm] - 0.15 英寸 [0.381cm]）的芯体 51 为止。为了完成环形天线 50，之后可将导线 52 缠绕在芯体 51 上。例如，所述的缠绕过程可通过输送导线 52 穿过沟槽 56 而完成，所述的沟槽 56 形成于绝缘基层 55 内。横向电阻率传感器还可以其他方式完成，如通过将所述传感器滑到管子或外壳（未示出）收缩成颈状的部分上。

图 5 还示出了一旦环形天线 50 被完成，凹槽 53 的剩余部分可充

满绝缘材料 54, 其将环形天线 50 固定在凹槽 53 内。合适绝缘材料的示例包括环氧树脂和玻璃纤维。另外, 一层弹性材料(如橡胶) 59 可模塑在绝缘材料的顶部以在所述传感器被设置在井下时使所述的凹槽 53 和其内部件与井眼流体密封。弹性材料的示例可包括天然或人工合成橡胶和合成弹性材料。合适的弹性材料的一个示例为 DuPont Dow Elastomers (Wilmington, DE) 出售的商标为 VITON™ 的氟化橡胶。橡胶或弹性材料层 59 将传感器组件密封成与管子 57 的表面齐平。最后, 凹槽 53 和其内部件的保护性的防护罩 58, 其使所述传感器与井下环境隔离。保护性的防护罩 58 具有绝缘机构 75 (下面将详细描述), 以防止

5
10

电流在纵向上沿防护罩 58 流动。

图 6 示出了本发明的另一个实施例。环形天线设置在管子内, 所述的管子具有筒管 67, 其在缠绕磁性条带之前设置在绝缘基层 55 上。筒管 67 由绝缘材料制成并具有可组装在凹槽内的两个或多个部件。所述筒管可具有间隔(槽) 68, 其在缠绕期间引导磁性条带并固定环形

15

芯体 51。任何合适的材料或复合材料可用于筒管 67, 所述材料包括商业可用材料, 如 RANDOLITE™、PEEK™、KEVLAR™、玻璃纤维或者 US6, 084, 052 和 US6, 300, 762 专利中所描述的聚芳醚酮基热塑材料。筒管 67 的间隔 68 应该略宽于磁性条带的宽度。如果使用筒管 67, 那么用于方便导线 52 缠绕的沟槽或多个沟槽(图 5 中的标记 56)可包括

20

在筒管 67 内而不是在绝缘基层 55 内。一旦环形芯体 51 被制成, 筒管 67 的间隔 68 的顶部可由条带 69 进行封闭, 条带 69 由绝缘材料制成, 如玻璃纤维织物, 以确保环形芯体 51 处于筒管 67 内的间隔 68 内。保护性的防护罩 58、绝缘机构 75 等(如图 5 所示)也可用于图 6 所示的

25

实施例, 但是为了清楚起见没有示出。本发明的其它实施例可不配置有磁性芯体 51 (未示出), 其特别适于更高的频率应用。这些实施例使导线 52 设置在绝缘基层 55 上, 形成“空心”。然而其它实施例可配置有缠绕在筒管 67 上的导线而不是磁性芯体 51 (未示出)。

返回到图 5, 保护性的防护罩 58 优选由坚固的材料制成, 如由金属制成。适当设计的防护罩的重要性是本领域所熟知的。例如, 授权

30

给 Omeragic 等的专利 US6, 556, 881 公开了各种用于包括具有横向天线的 EM 测井仪器的防护罩。

然而, 用于产生磁偶极子的螺线管天线防护罩的设计不同于环形

天线的保护罩的设计，所述的环形天线产生电偶极子并在很低的频率下工作。本领域众所公知，天线的有效工作和其防护罩的设计取决于天线的工作频率和物理性质。如上所述，感应或传播天线用于向地层产生高频电场，而环形天线用于向地层产生低频磁场。因此，设计用于传播或感应天线的常规防护罩一般不适于与环形天线一起使用。

利用常规的天线防护罩覆盖环形天线将会短路环形天线感应出的电流。所述的电流主要在防护罩内流动，而不是在井眼和地层内流动。地层信号将会减小到低于适于电阻率测量的水平。用于环形天线的合适的防护罩包括环形间隔或环以在防护罩与底部的导电支承件之间提供电绝缘。图 7A 示出了本发明具有绝缘间隔 75 的防护罩 58。该间隔 75 由绝缘材料（如玻璃纤维、陶瓷、RANDOLITE™）制成，其可沿着防护罩放置在任意位置，但是其在防护罩的一个端部易于形成绝缘间隔 75。本领域的技术人员能够选择实践中所公知的技术来形成所述的间隔。绝缘材料可为粘结在合适位置或者装配到防护罩上的分离块（如模塑弹性材料或者复合绝缘材料），从而形成一个整体。在一些实施例中，绝缘材料可通过一方法设置或固定在防护罩上（未示出）。

一种将间隔固定在防护罩上的可选择的方案是使用整体式全金属防护罩，并且以使环形天线上方的导电管子部分与环形天线下方的导电管子部分不会形成电连接的方式进行。完成这一效果的方法在图 8 中示出。如图 8 所示，绝缘材料 80 的环 80 与管子 57 形成一体，从而防护罩 58 的一端通过该环而不与管子直接接触。

图 7A 和 8 为具有绝缘材料的环形间隔或环以防止电流在环形天线 50 上方的纵向方向上沿着防护罩流动的示例。本领域的技术人员可以理解，其它类型的环形间隔或环也可用于完成本发明。一些实施例也可具有提供必要绝缘的分段金属防护罩（未示出）。

本领域的技术人员可以理解，当将管子放置到充满泥浆的井眼中时，20000psi (1406kg/cm²) 的流体静压力将作用在环形天线上（图 4 中标记 50）。该压力向内挤压环形天线 50 并使所述天线产生变形，降低了其芯体 51 的导磁率、感应系数和效率。

为了使流体静压力的反作用最小，本发明的环形天线可具有压力补偿机构。例如，压力补偿可通过替换一些或全部绝缘材料（如图 5 中的标记 54）而获得，所述绝缘材料利用软弹性材料或橡胶附着在凹

槽（图5中的标记53）内的环形天线上。图9示出了本发明环形传感器的实施例，该传感器具有一个压力补偿机构，其结构类似于图6所示的结构。其中一个区别为孔90被加工到管壁57中。另一区别为填充材料54为适宜的多孔渗透性材料，如非浸渍的玻璃纤维布。在橡胶59被模塑在合适的位置之后，凹槽53通过孔90而被抽空并在大气压下重新充满油。之后，用塞子91密封住孔90。橡胶密封59用作波纹管，以使环形芯体51上的压力与管子外侧的压力相平衡。

图10示出了本发明的另一实施例。在该实施例中，电绝缘的开口或裂口60形成在导电外管57上，并且环形天线50固定到其中设置的导电内管或内壳26上。裂口60形成了使电流沿管子流动的通路，防止电流流过裂口60。在裂口60的每一侧，导电连接件61位于两个管子之间以在管子之间提供电流通路。图10示出了一个实施例，提供两个管子之间电连接的连接件61是通过从内壳26的外部向外伸出而构成的，提供与外管57的内表面直接接触。如本领域公知，其它合适的提供两个管子之间的电流通路的方式也是可采用的。例如，波浪式弹簧可安装在两个管子之间以提供所述的导电元件（未示出）。用于天线50的电子仪器可按照本申请所述的方式或者使用本领域所公知的其它方式设置在所述管子内。

在作业中，环形天线50产生电流回路，其流过内壳26和外管57，并通过地层返回到外管57。因此，具有绝缘裂口60的本发明的实施例一般具有一个以上裂口，一个裂口用于产生穿过管子的电压差，另一个裂口用于利用当作接收器的另一环形天线进行轴向电流的测量。具有绝缘裂口或间隔的井下管子在油田工业尤其是在遥测应用领域是公知的。授权给Ringgenberg等的美国专利US6,098,727描述了具有绝缘间隔的井下管子。绝缘防护罩也可设置在绝缘裂口60上外管的外部，以使间隔同环境隔离并使井眼内的外部电流进一步与裂口隔离（未示出）。这样的防护罩可由任何适宜的绝缘材料构成并设置在管子上，这是本领域所公知的。

这种设计具有许多优点：所述的天线由所述管子提供机械保护；螺线管不直接暴露于井眼压力下，从而使所述芯体材料保持较高的导磁率；避免了穿过外管的通孔或线路。其还有直接激励所述间隔的优点，因为其不需要内壳26与管子57之间的绝缘，在特定的区域（如

内壳与管子之间的密封区域的周围)这是有困难的。

5 设置在管子内的横向天线具有与感应天线相似的特征。由于将这些不同类型的传感器组合在一根管子内,所以所述的仪器可使用两种不同的探测技术来测量同一地下区域的电阻率。另外,安装一个整体式传感器防护罩来保护所述的传感器成为可能。应该指出的是,尽管在某些情况下需要使用一个整体式防护罩,但是也可以使用适于单个传感器的分离式防护罩。

10 图 11 示出了本发明的另一实施例。所示的是具有横向电阻率传感器 104 和传播电阻率传感器 105 的管子部分的剖面,所述传感器 104 固定在切入管壁的第一凹槽 53 内,所述传感器 105 固定在切入管壁的第二凹槽 103 内。穿过管壁 57 内的通孔 28 的电连接件 27 将横向传感器 104 和传播传感器 105 电连接到容纳在由内壳 26 所形成的腔内的电子模块 102 上。O 形环或者其它本领域所公知的密封装置用于确保模块 102 不会直接暴露于地下流体。

15 图 11 还示出了整体式的传播天线和连接在外管管壁圆周周围的环形天线防护罩 108。整体式传感器防护罩 108 可主要由金属制成,并且可由螺栓连接、旋紧、焊接或者使用本领域所公知的任意合适的方式固定到外管表面上。在一些实施例中,整体式防护罩 108 可由本领域所公知的其它耐用的非金属材料构成。然而,由于金属的强度和耐用性的原因,金属作为 LWD 应用中的优选材料。整体式防护罩 108 具有一个或多个位于第二凹槽 103 和传播传感器 105 上方的纵向狭槽 24。在该实施例中,利用本领域所公知的任何合适的绝缘材料将用于防护罩 108 的绝缘间隔 75 固定到横向传感器 104 附近的管壁上。其它实施例可利用设置在同一凹槽内的横向电阻率传感器 104 和传播电阻率传感器 105 而实现(未示出)。这一实施例可通过延伸所述凹槽从而使其包围两个传感器以及通过使用整体式防护罩 108 而实现。

30 如上所述及图 8 所示,如果防护罩/管子组件适于防止电流沿着所述防护罩穿过螺线管流动,环形天线防护罩可为全金属组件。在图 11 中,绝缘间隔或环 75 以及防护罩的设计确保了在横向传感器 104 附近不会产生沿着防护罩流动的电流。可选择的是,圆形间隔可被嵌入到防护罩本身上,如图 7A 所示。

如上所述,典型的传播型天线感应出电场,该电场使电流在井眼

和地层内周向流动到管子支承件上。因此，传播型天线一般使用具有纵向狭槽的防护罩，以防止在防护罩内而不是在地层内感应出横向（方位）电流。图 7B 示出了防护罩 58' 的一个示例，其具有充满绝缘材料的狭槽 76，该绝缘材料用于保护本发明的传播天线。这种防护罩在美国专利 US4,968,940 中作了详细描述。应该指出，虽然其中示出了多个狭槽 76，但是本发明的实施例并不局限于任何特定数目或形状的狭槽。其它实施例也可以利用分段式防护罩（未示出）。

上面所述的实施例可具有任意数目的沿着管子的轴线设置的传播或横向传感器阵列。此外，根据探测的深度或所需的垂向分辨率可选择任意的阵列间距。

本发明的方法允许环形天线被固定在适于地下使用的管子的凹槽内。这些方法的应用并不局限于本申请所述的电阻率仪器。例如，目前使用设置在套筒或固定在其上的环形天线的仪器或装置可受益于具有嵌入在凹槽或空隙内的所述天线。图 12A 示出了本发明的另一实施例。图 12A 示出了各种由 Schlumberger Technology Corporation (Houston, TX) 生产的商标为 GVR™ 的 GeoVision 电阻率仪器。

如图 12A 所示，环形天线 112 嵌入在钻铤 111 一段上的凹槽内（如该申请所述）。图 12B 更加详细的示出了环形天线 112。所述的仪器还包括四个大纽扣电极 114 以提供方位电阻率测量（在图 12C 中更为详细地示出）。所示仪器还包括一系列设置在可拆卸扶正器上的小纽扣电极 116 以提供高分辨率测量（在图 12D 中更为详细地示出）。图 12 中示出的 GVR 的各种变化可在“巧妙”设计中实现而不需使用扶正器。在一种巧妙的结构中，该仪器的直径显著小于现有的 GVR 仪器，这是因为环形天线嵌入到钻铤壁上的凹槽内而不是滑到钻铤上。所述的巧妙的仪器在斜井或弯曲井中更容易操作并具有较好的水力条件。

本发明的一个实施例涉及一种用于在适于地下使用的细长管的一部分上安装横向电阻率传感器的方法。图 13 粗略示出了该方法。首先，在管子部分的外壁上形成或切出合适深度的凹槽（步骤 121）。所述的深度应该足够容纳天线组件，但是不能太深以至于削弱管子的强度。可以先进行应力分析以确定是否所需深度可在没有过分削弱管子强度的情况下而获得。

接下来，将绝缘材料设置（或涂敷）在凹槽的底部，以在环形天线与导电管子之间形成绝缘基层（步骤 122）。可使用本领域公知的各种绝缘材料，包括玻璃纤维、PEEK™等。绝缘材料基层的厚度应该被选择以提供足够的绝缘而不会过分增厚。例如，0.04 英寸（1.0mm）的玻璃纤维层可用作基层。压力补偿机构可选择性地设置在基层上，以给环形天线提供支承。

使用导磁材料，如 SUPERMALLOY™ 条带，将环形芯体固定在基层上的凹槽内（步骤 123）。所用条带的适合尺寸取决于环形天线的所需尺寸。例如，1 英寸（2.54cm）宽、0.02 英寸（1.0mm）厚的强磁性铁镍合金可用于缠绕 0.1 英寸（2.54mm）到 0.15 英寸（3.8mm）厚的芯体。在一些实施例中，由绝缘材料制成的简管可用于引导条带缠绕过程。例如，一个合适的简管可由玻璃纤维制成并具有槽或切口（如 1.05 英寸（2.7cm）宽、0.18 英寸（0.5cm）深），其可容纳条带的宽度。如果使用简管，则简管的顶面可覆有绝缘材料（如绝缘条带或者玻璃纤维织物），以保护简管的槽内的环形芯体并使线圈绝缘。

一旦环形芯体形成，则将覆层导线缠绕或环绕在芯体的周围以完成所述的天线（步骤 124）。例如，一种合适的导线为 HML 覆层磁线。为了有助于导线的缠绕，可在基层或简管内切出沟槽，以给导线提供通道。

之后，可将凹槽内剩余的空间充满绝缘材料，例如，合适的绝缘材料可从环氧树脂、玻璃纤维等中选出。绝缘材料填充物可使环形天线处于合适的位置，还可使所述天线与导电钻铤绝缘。一层橡胶或弹性材料也可被模塑在绝缘材料的顶部并进入管子上，以密封整个天线组件使其不与并眼流体接触。在步骤 121 中，所述的凹槽可制成两层或阶梯式深度型面（如参见图 5、6、8），以促进模塑橡胶层同管子表面齐平。合适的弹性材料包括由 Dupont Dow Elastomers (Wilmington, DE) 出售商标为 VITON™ 的氟化橡胶。一种相对薄的橡胶或弹性材料层（如 0.05 英寸 [1.3mm] 厚）提供了一种可靠的密封。

最后，保护性的防护罩可设置在凹槽上以保护环形天线组件（步骤 125）。如上所述，保护性的防护罩优选由金属制成。防护罩组件适于防止电流在所述天线上方和下方的管子部分（即沿平行于管子纵向轴线的方向）之间的环形天线附近区域内流动。电绝缘可由充满绝缘

材料的环形间隔提供，所述的间隔设置在防护罩本身中或位于防护罩与管子之间的连接处，如上所述。

图 14 为使用一细长管来根据本发明构造电阻率仪器的方法的流程图，所述的细长管适于地下使用。所述的方法开始于按照本申请所述将横向电阻率传感器设置在管子内的凹槽内（步骤 131）。感应或传播电阻率天线也按照本申请所述设置在管子上（步骤 132）。横向电阻率天线可按照本申请所述的技术进行建造。感应/传播天线和电极可使用本领域所公知的方法进行建造。在优选实施例中，横向电阻率传感器位于传播传感器附近以便它们同时测量地层基本上相同的垂向区域。其它实施例可包括多个横向电阻率传感及感应或传播电阻率天线的阵列。这些阵列的数量和间距设计成能够提供所需观测深度的测量。

最后，防护罩组件设置在管子上以便覆盖和保护横向电阻率传感器（步骤 133）。一个单独的防护罩可用于横向电阻率传感器，或者一个整体式的防护罩可用于保护多个天线。防护罩组件应该适于防止电流在传感器上方或下方的管子部分之间的传感器附近流动（即沿平行于管子轴线的方向）。

本发明的实施例表现出的优点包括高效、通用和精确。本发明允许在单个井下仪器上装配具有两种类型的电阻率传感器的双阵列，所有的传感器都互相接近。由于不同类型的传感器可设置成彼此互相接近，所以由深度偏移、不同的测井时间以及不同的信号通道形状而产生的测量误差最小。

本领域的普通技术人员可以理解，本发明具有其它优点，包括用途不同但常常同时进行并且测井需要的双电阻率测量。横向电阻率测量的可靠性也在很大程度上得到改善，这是因为传感器被安装在管子内并且得到有效的防护以提供较好的耐用性，尤其是在随钻作业中。将横向传感器安装在管子内的凹槽内同样降低了电阻率仪器的直径，并且还扩大了应用井下仪器的井眼的尺寸范围以及弯曲角度范围。

由于传感器不会受到频繁的磨损而可以有较长的运行时间，从而作业效率得到提高。此外，由于降低了传感器磨损和损坏的频率，从而转化为较低的维修成本。因为两种类型的传感器以相似的方式进行制造并用于同一井下仪器内，所以生产成本也被降低了。

尽管结合有限数量的实施例对本发明进行了描述，但是本领域的

技术人员可以理解，其它实施例也可在不脱离本发明范围的情况下被设计出来。例如，本发明的螺线管也可作为扼流圈设置在井下管子上从而防止电流在管子内的流体，以降低信号干扰。本发明可用于油田工业的所有地区和应用，包括LWD、电缆测井、挠性油管测井、随钻套管测井以及油藏监测应用。还可以理解，本发明的实施例也可由任意常规的传播或感应天线而实现，包括那些具有斜轴或多线圈的天线。

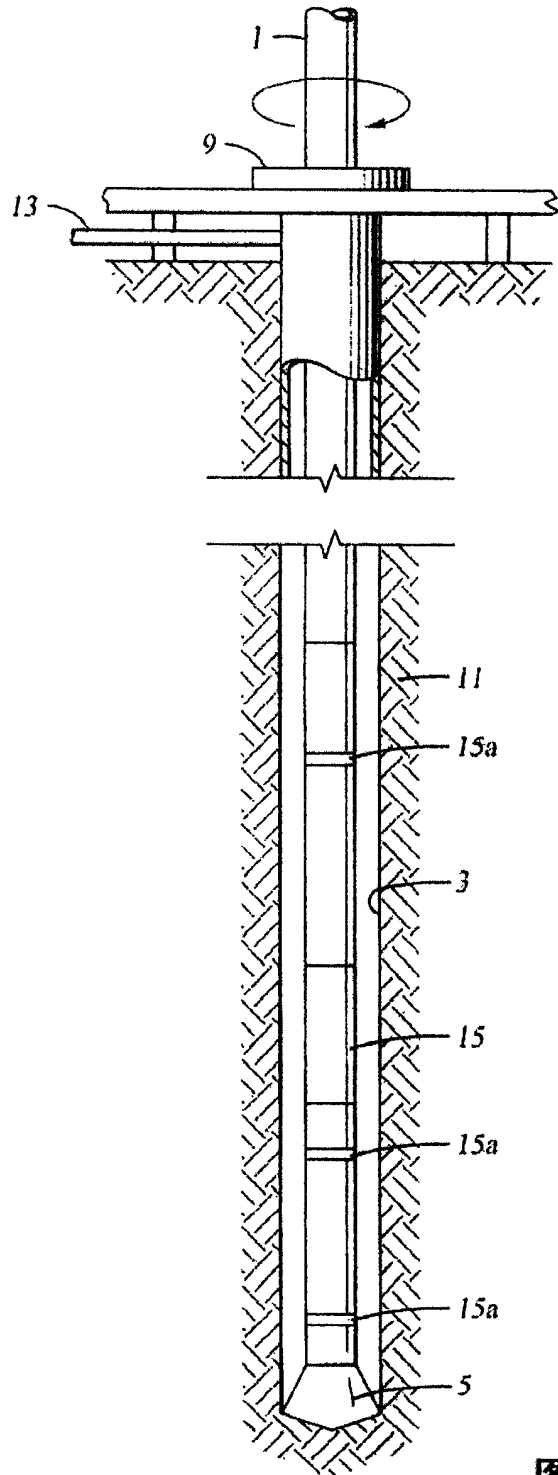


图 1A
现有技术

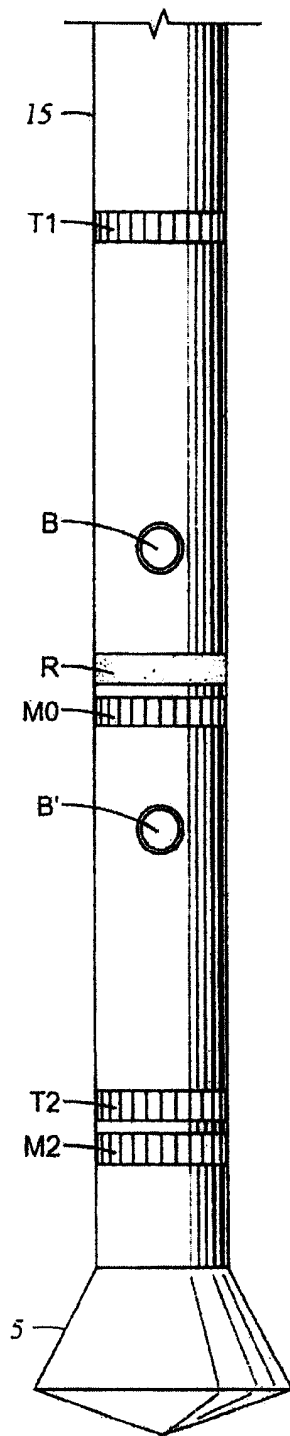


图 1B
现有技术

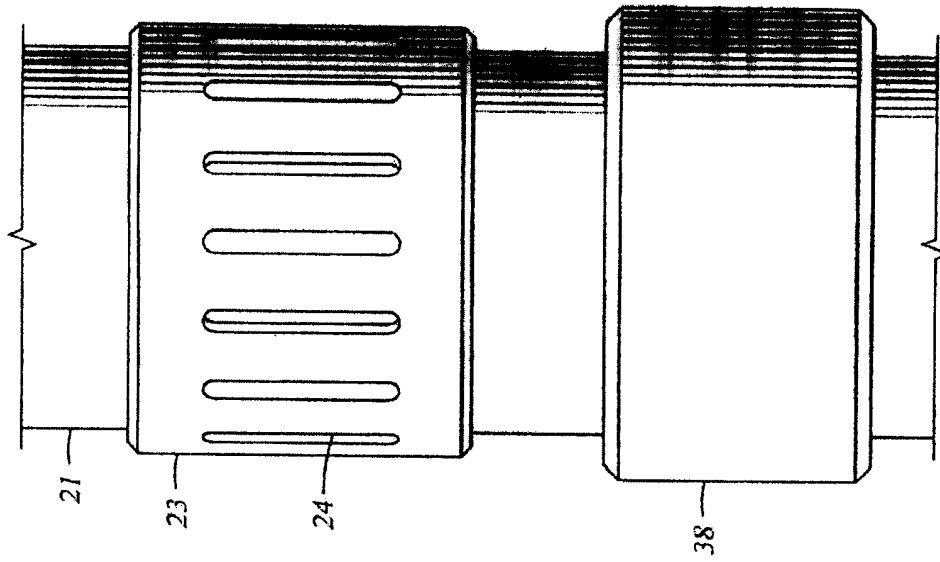


图 2B
现有技术

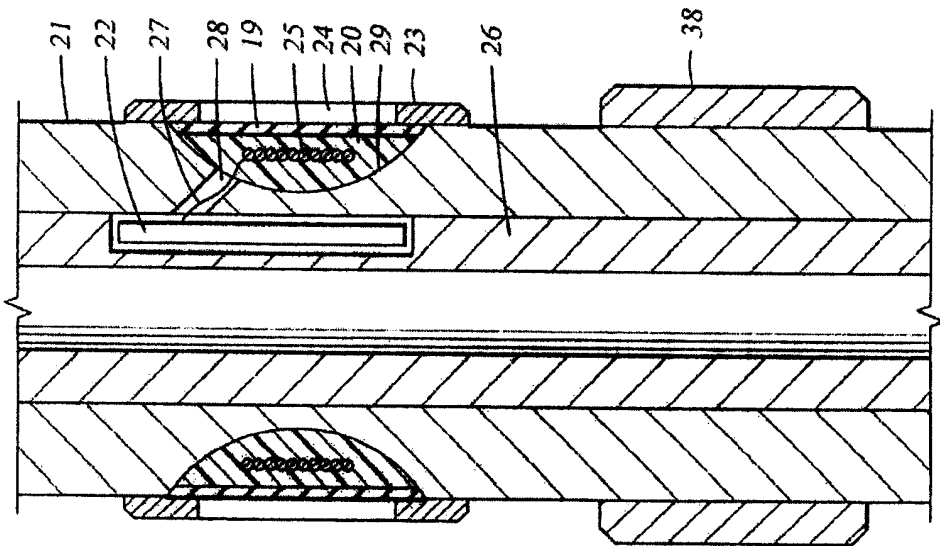


图 2A
现有技术

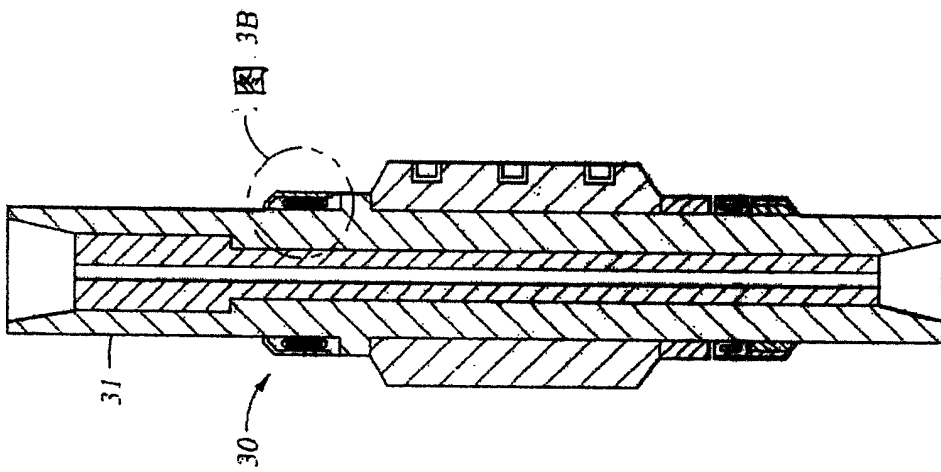


图 3A
现有技术

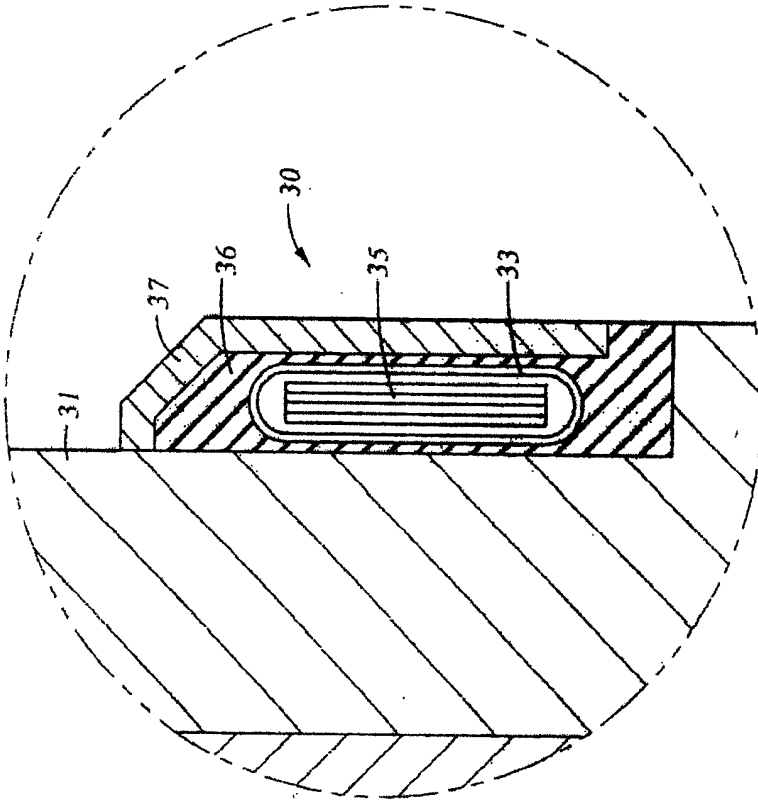


图 3B

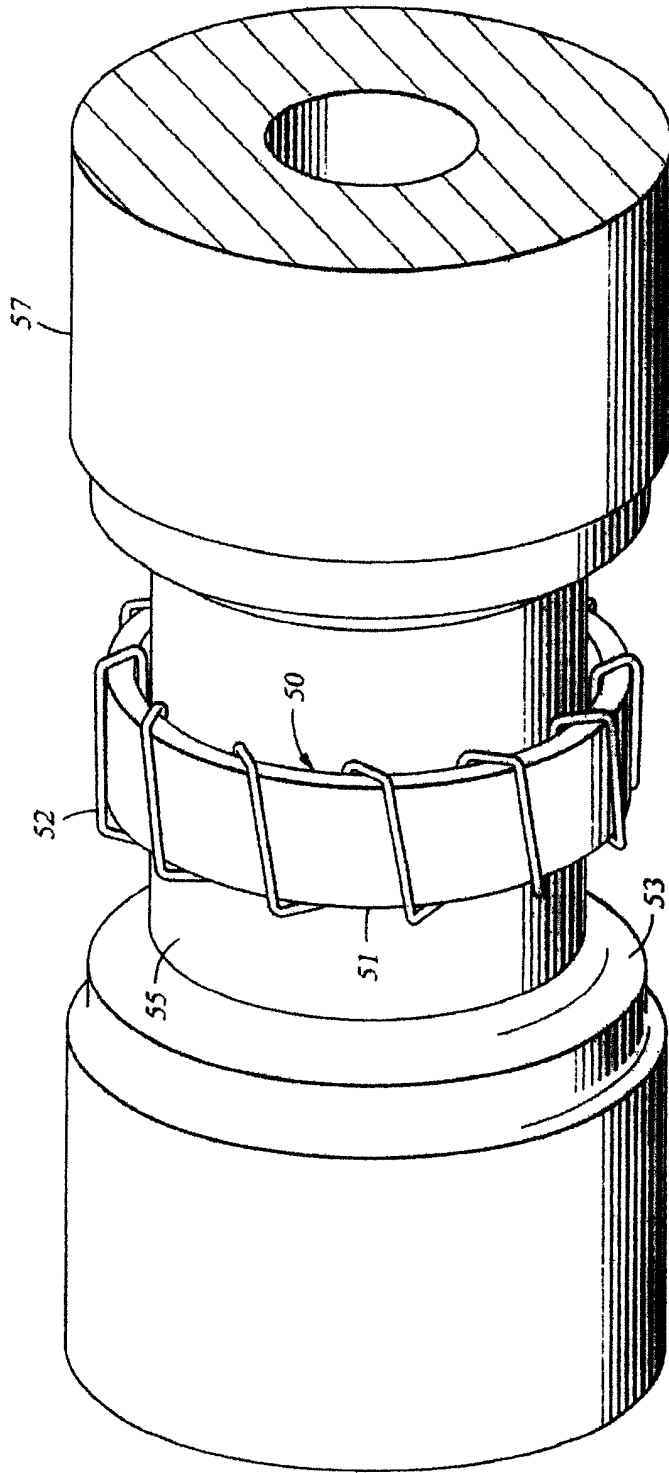


图 4

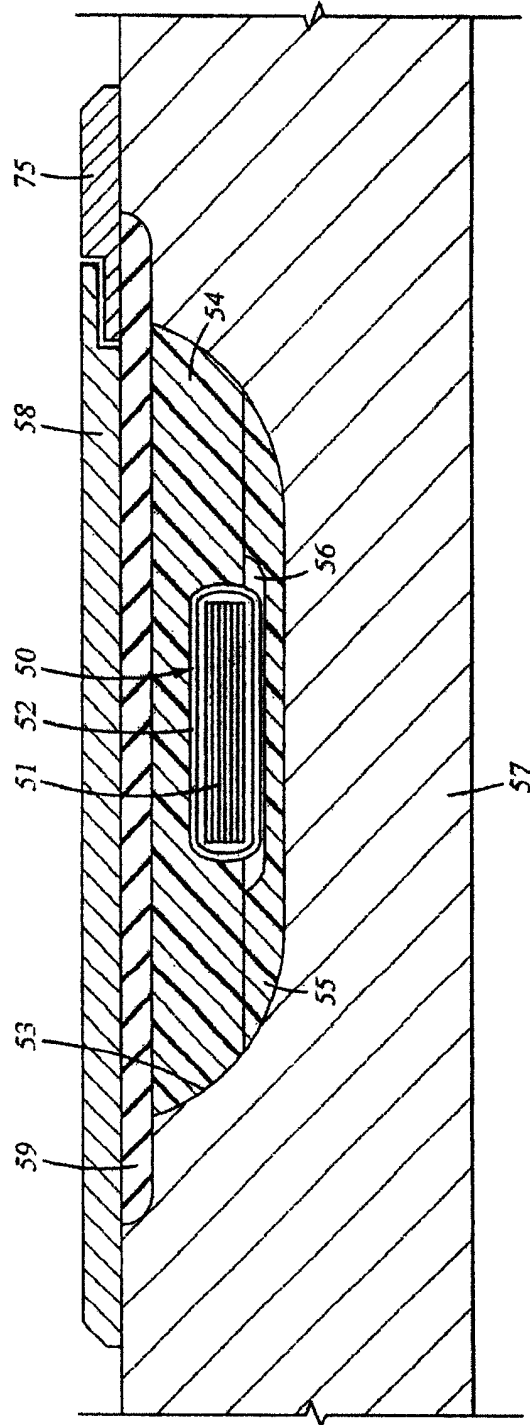


图 5

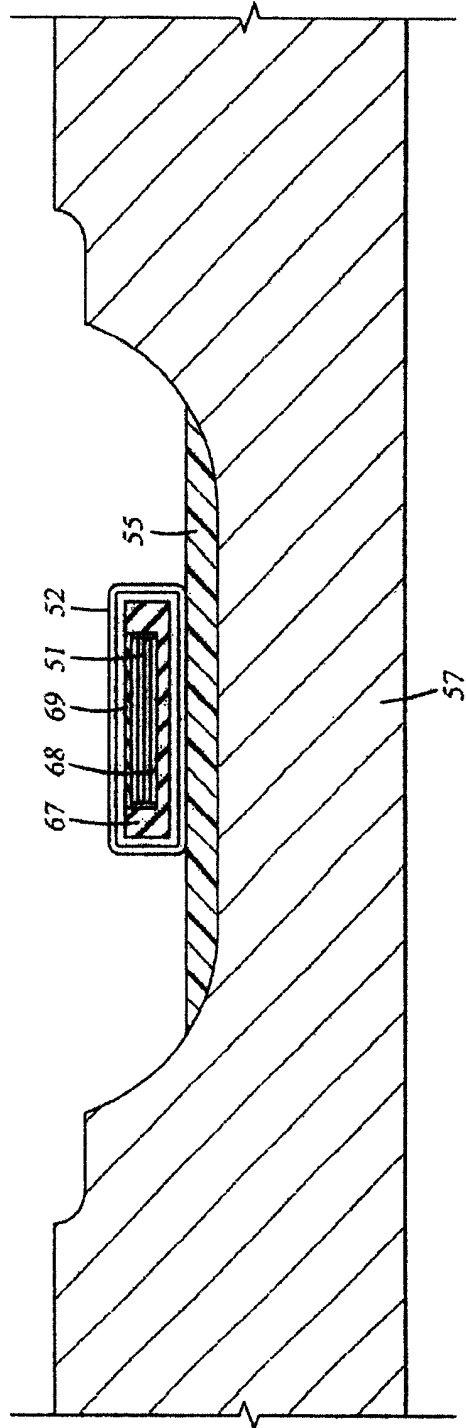


图 6

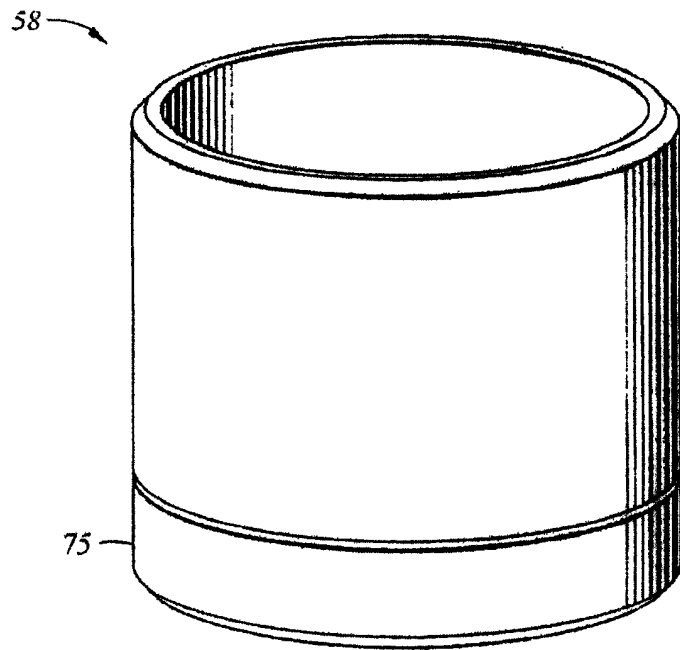


图 7A

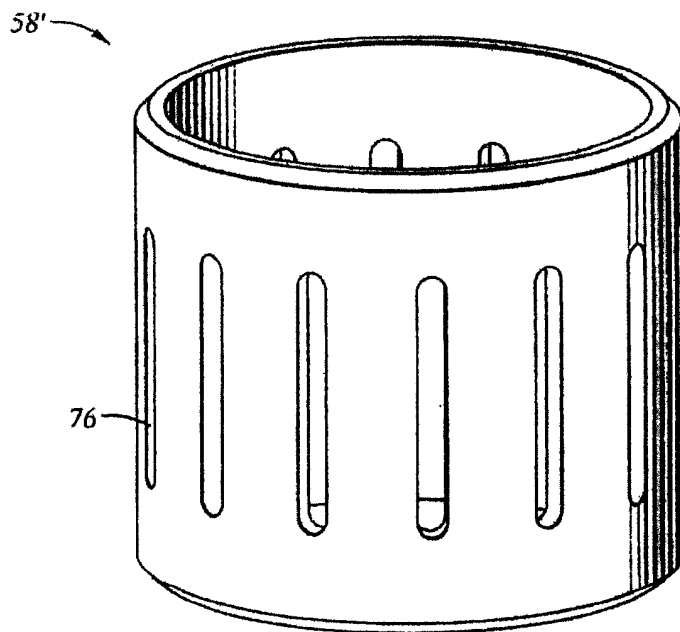


图 7B
现有技术

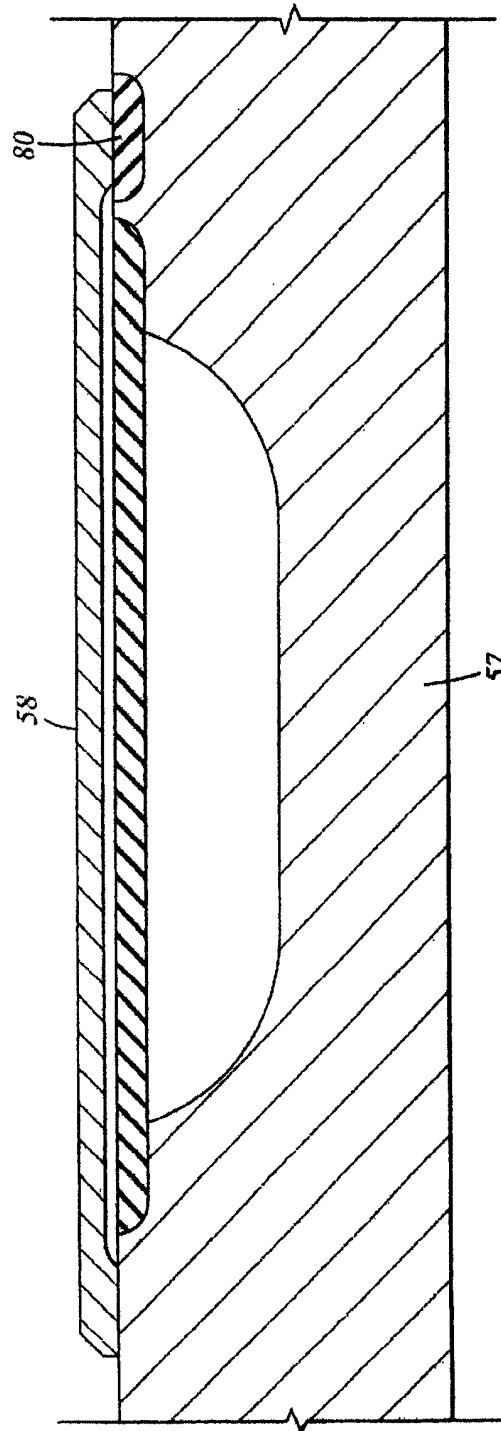


图 8

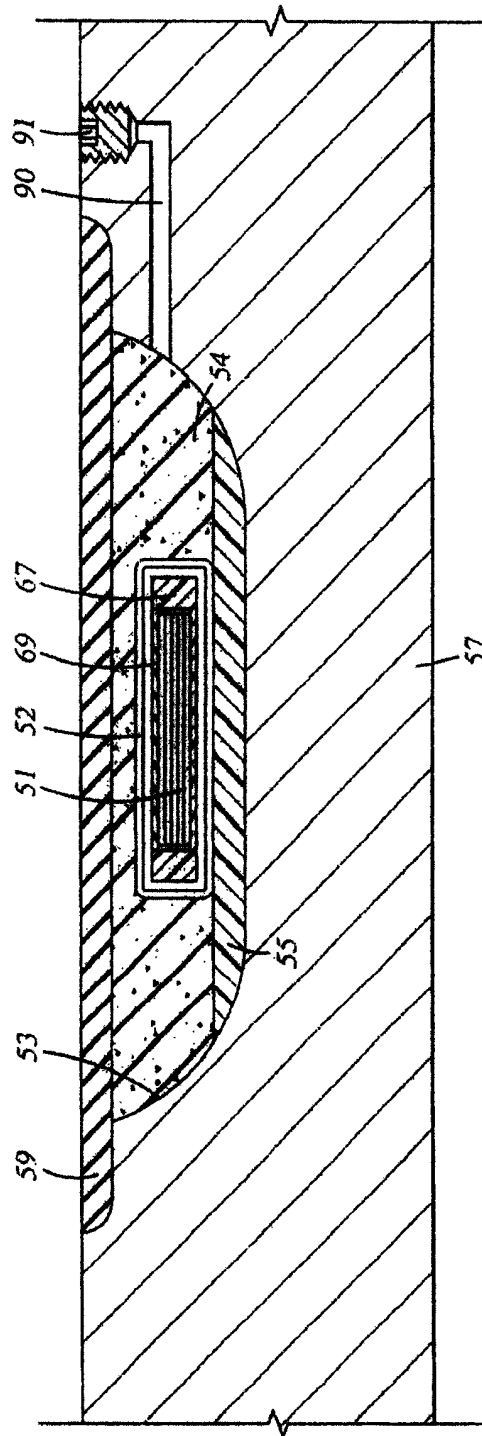


图 9

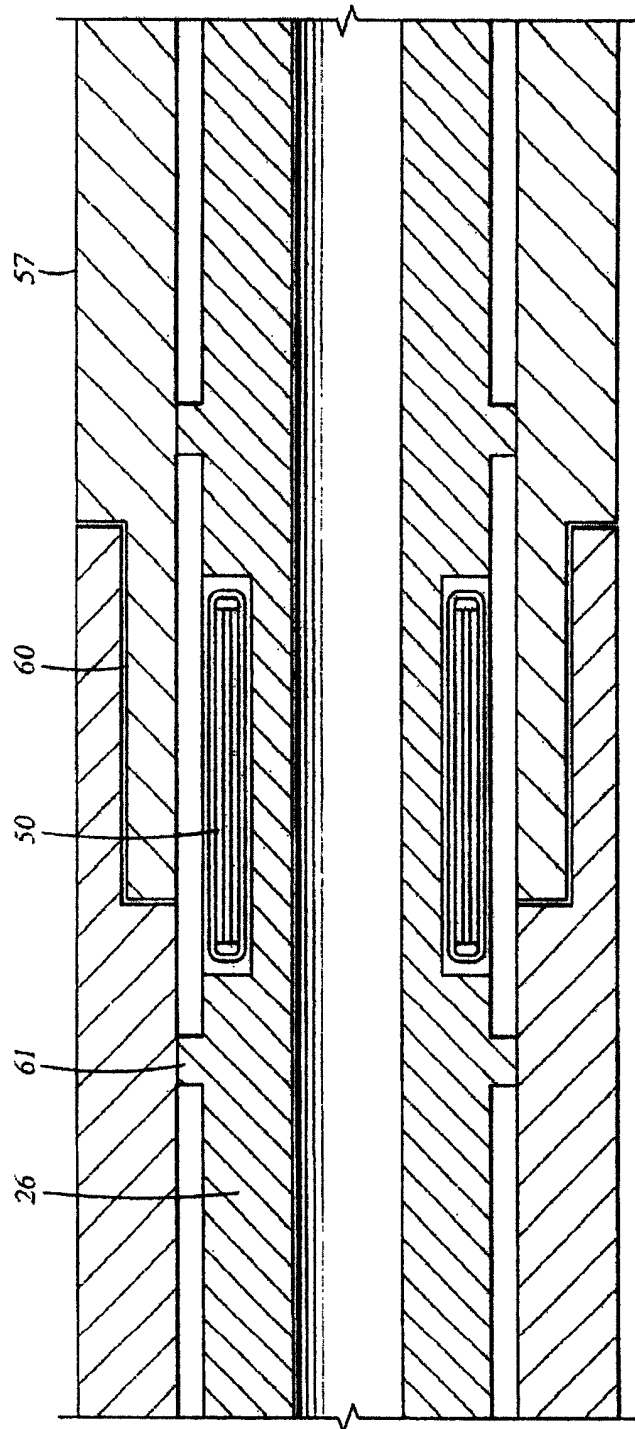


图 10

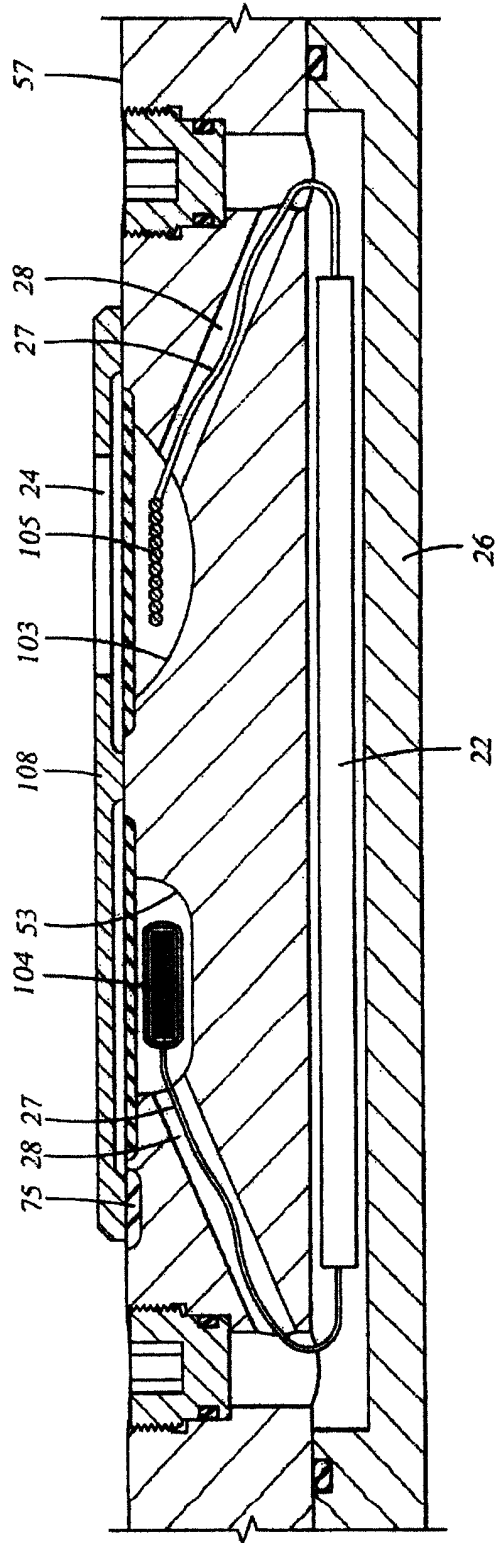


图 11

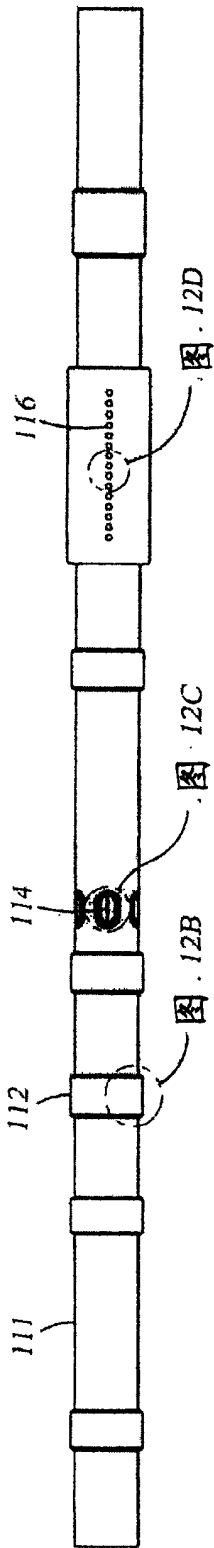


图 12A

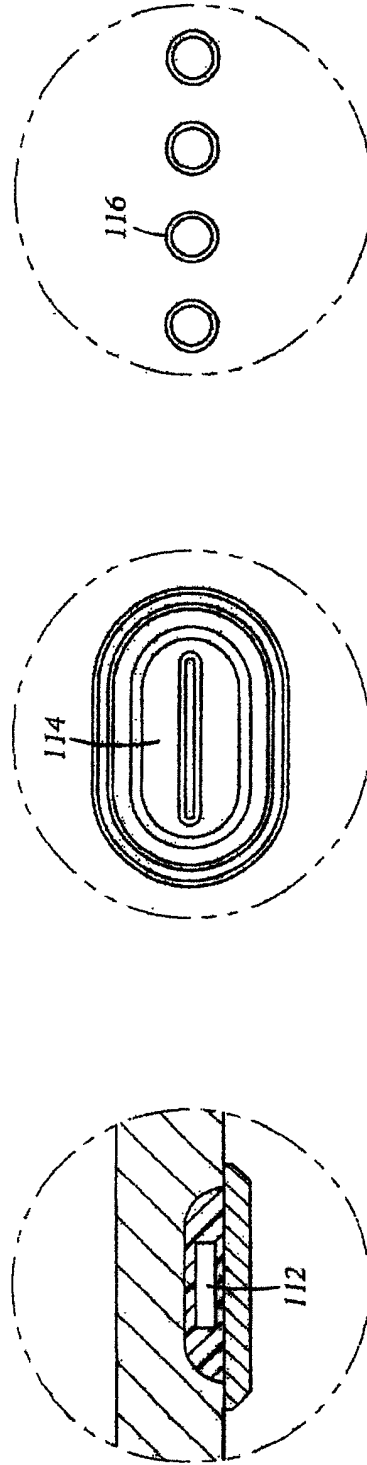


图 12B

图 12C

图 12D

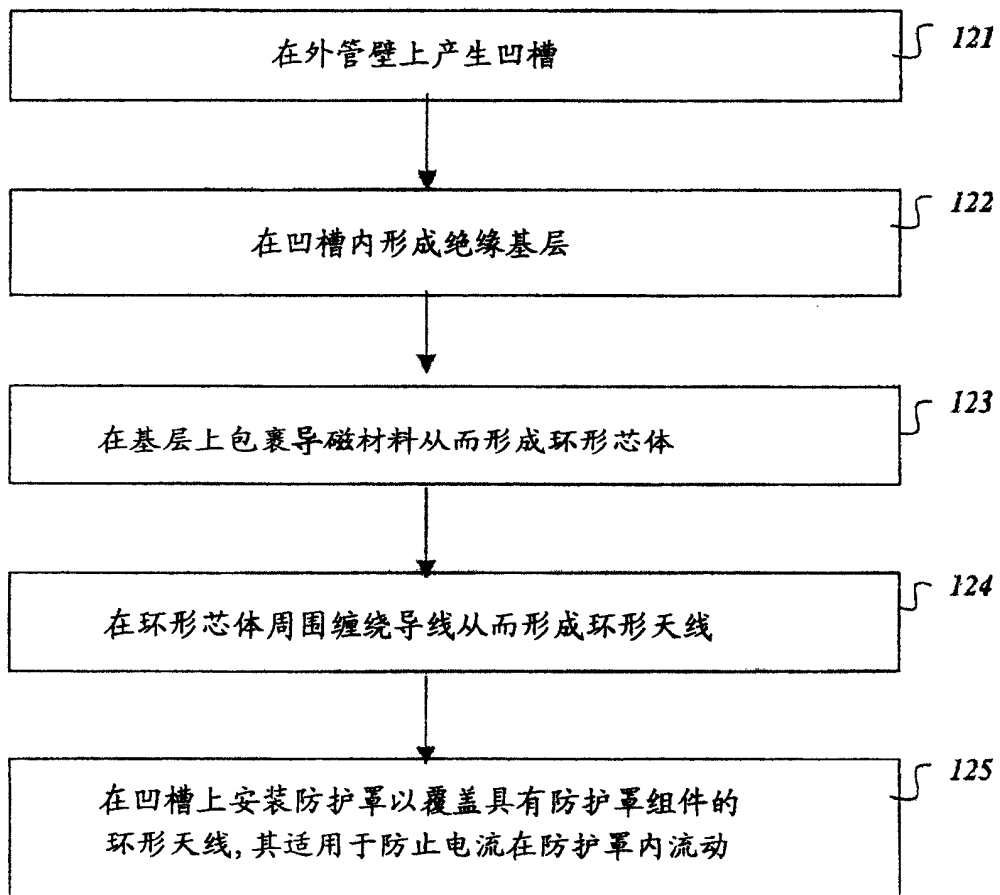


图 13

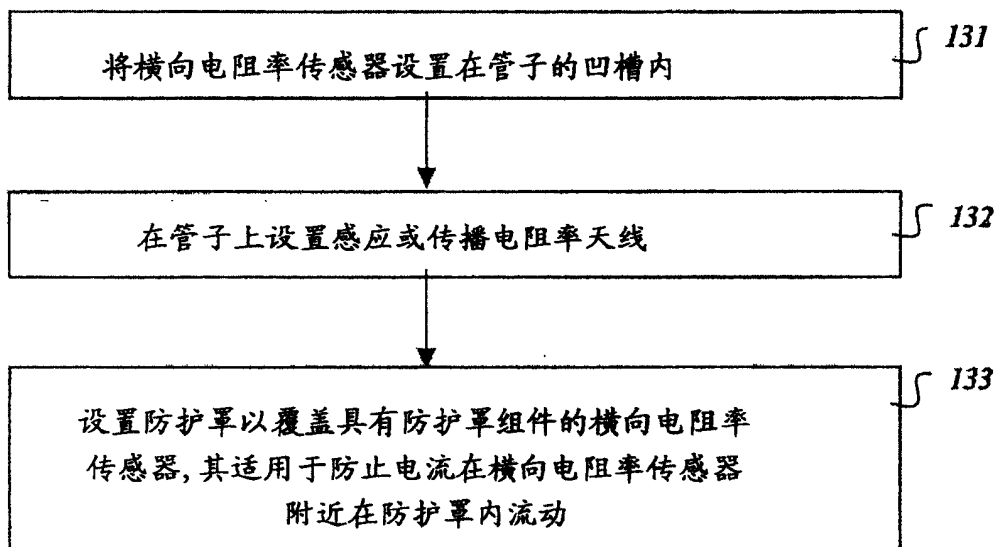


图 14