

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

E21B 49/00

G01V 3/26



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410098057.6

[43] 公开日 2005 年 7 月 27 日

[11] 公开号 CN 1644875A

[22] 申请日 2004. 12. 2

[21] 申请号 200410098057.6

[30] 优先权

[32] 2003. 12. 2 [33] US [31] 10/707274

[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 K·C·陈 H·王

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

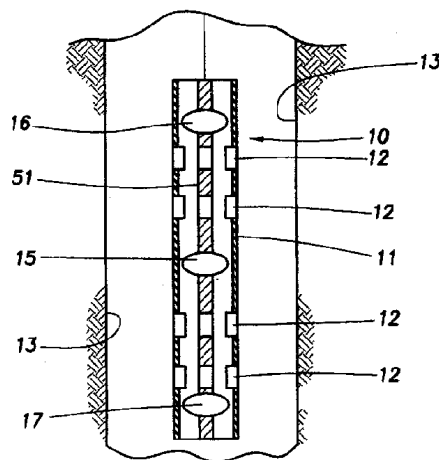
代理人 廖凌玲 蔡民军

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称 调整井筒偏心效应的装置和方法

[57] 摘要

公开了一种在穿过地下地层的井筒周围的井筒环境中执行测量的测井装置。该装置包括具有纵轴的细长的导电芯棒、位于芯棒周围且包括向地层中发射电磁能量的发射器的天线阵列、以及位于天线阵列周围的套。该套具有定位以暴露在井筒环境中的外表面和径向朝所述外表面内部定位的内表面。该装置还包括第一组电极和第二组电极。每个电极具有外端和径向朝所述外端内部定位的内端，并支撑在套上以使外端暴露在套的外表面上以便与相邻的导电井筒环境导电接触。而且，第一和第二组电极纵向间隔开以使发射器纵向位于其间。重要的是，第一和第二组电极与芯棒导电互连，从而当测井装置在其中具有井筒电流的井筒环境中操作时，提供一个或多个电流路径环以使井筒电流短路。



ISSN 1008-4274

1. 一种在穿过地下地层的井筒周围的井筒环境中执行测量的测井装置，所述装置包括：

具有纵轴的细长的导电芯棒；

5 位于所述芯棒周围且包括向地层中发射电磁能量的发射器的天线阵列；

位于所述天线阵列周围的套，所述套具有定位以暴露在井筒环境中的外表面和径向朝所述外表面内部定位的内表面；

10 具有外端和径向朝所述外端内部定位的内端的第一电极，所述第一电极支撑在所述套上以使所述外端暴露在所述套的所述外表面上，以便与相邻的导电井筒环境导电接触；以及

15 具有外端和径向朝所述外端内部定位的内端的第二电极，所述第二电极支撑在所述套上以使所述外端暴露在所述套的所述外表面上，以便与相邻的导电井筒环境导电接触，所述第一和第二电极纵轴间隔开从而使所述发射器纵向位于其间；而且

20 其中所述第一和第二电极与所述芯棒导电互连，从而当所述测井装置在其中具有井筒电流的井筒环境中操作时，提供一个或多个电流路径环以使井筒电流短路，所述电流路径环包括在导电井筒环境、所述第一电极和所述芯棒之间的第一导电路径以及在所述导电井筒环境、所述第二电极和所述芯棒之间的第二导电路径。

2. 根据权利要求1的测井装置，其中每个所述电极都是与所述芯棒分离并相对于其可移动的部件。

25 3. 根据权利要求2的测井装置，进一步包括第一导电连接和第二导电连接，每个所述导电连接都布置于一个所述电极和所述芯棒之间以使所述电极和所述芯棒导电互连，每个所述导电连接是与所述电极和所述芯棒分开的部件。

4. 根据权利要求1的测井装置，进一步包括：

30 支撑在所述发射器上面的所述套上并在所述套周围方位地间隔开的第一组电极，所述第一组电极包括所述第一电极，其中所述第一组电极的每个所述电极与所述芯棒导电互连；

位于所述发射器之下并在所述套周围方位地间隔开的第二组电极，所述第二组电极包括所述第二电极，其中所述第二组电极的每个

所述第二电极与所述芯棒导电互连；

其中所述第一和第二组电极中的每一个所述电极都具有外端和径向朝所述外端内部定位的内端，每个所述电极都支撑在所述套上从而使每个所述电极的所述外端暴露在所述套的所述外表面上，以便与相邻的导电井筒环境导电接触，从而所述电流路径环包括在导电井筒环境、第一组电极的电极、芯棒、第二组电极的电极、以及导电井筒环境之间的电流路径环。

5 5. 根据权利要求 1 的测井装置，其中所述套由非导电材料制成，所述套材料具有多个沟道，每个沟道径向贯通以支撑一个所述电极。

6. 根据权利要求 1 的测井装置，其中所述电极位于所述沟道中以使所述外端径向朝所述套的所述外表面内部间隔开。

7. 根据权利要求 1 的测井装置，其中通过其上设置有缝隙的金属板提供所述外端，所述缝隙形成了穿过所述板的导电路径。

15 8. 根据权利要求 7 的测井装置，其中所述缝隙构成多个互连的窄部，所述窄部限定穿过所述板的狭窄的连续的导电路径。

9. 根据权利要求 8 的测井装置，其中所述窄部布置为大体平行关系。

20 10. 根据权利要求 1 的测井装置，其中所述发射器具有横向偏心的偶极子。

11. 根据权利要求 1 的测井装置，其中所述电流路径环包括在导电井筒环境、所述第一电极、所述芯棒、所述第二电极和所述导电井筒环境之间的电流路径环。

25 12. 根据权利要求 1 的测井装置，其中所述天线阵列还包括接收来自地层的响应信号的接收器，所述接收器位于所述芯棒周围。

13. 一种在穿过地下地层的地下井筒周围的井筒环境中执行测量的测井装置中的套组件，该测井装置还包括细长的导电芯棒和位于芯棒周围的三轴天线阵列，且所述天线阵列还包括发射电磁能量的发射器，该套组件包括：

30 位于天线阵列周围和测井装置的纵轴周围的非导电套，所述套具有定位以暴露在井筒环境中的外表面和径向朝所述外表面内部定位的内表面；

纵向位于发射器之上的支撑在所述套上并绕所述套方位地间隔开的第一组电极，所述第一组的所述电极与芯棒导电互连；以及

纵向位于所述发射器之下并绕所述套方位地间隔开的第二组电极，所述第二组的所述电极与芯棒导电互连；而且

5 其中所述第一和第二组电极中的每一个所述电极都具有外端和径向朝所述外端内部定位的内端，所述电极的所述外端暴露在所述套的所述外表面上以便与相邻的导电井筒环境导电接触，从而当所述测井装置在其中具有井筒电流的井筒环境中被操作时，提供电流路径环以使井筒电流短路，所述电流路径环包括在导电井筒环境、第一组电极、
10 芯棒、第二组电极、以及导电井筒环境之间的电流路径环。

14. 根据权利要求 13 的套组件，进一步包括第一组导电连接和第二组导电连接，每个所述导电连接都布置于一个所述电极和所述芯棒之间以使所述电极和所述芯棒导电互连，从而所述电流路径环包括在导电井筒环境、所述电极、所述导电连接和芯棒之间的径向导电路径，
15 且其中所述导电连接与所述电极和芯棒分开并相对于其可移动。

15. 根据权利要求 14 的套组件，进一步包括在所述套的所述外表面和所述内表面之间径向延伸的多个沟道，每个所述电极位于所述沟道中。

16. 根据权利要求 15 的套组件，其中所述电极位于所述沟道中以使所述外端径向朝所述套的所述外表面内部间隔开。
20

17. 根据权利要求 13 的套组件，其中所述外端由限定出狭窄的连续的导电路径的开槽的金属板提供。

18. 根据权利要求 17 的套组件，其中所述电极还包括从所述金属板径向朝内延伸的基部，所述基部具有基本小于所述金属板的暴露表面面积的横截面积。
25

19. 根据权利要求 17 的套组件，其中所述金属板开槽以形成多个限定所述连续导电路径的互连的窄部。

20. 一种根据在穿过地下地层的井筒周围的导电井筒环境中利用测井装置执行的测量而减少井筒电流效应的方法，其中在邻近测井装置的井筒环境中产生井筒电流，所述方法包括以下步骤：
30

提供测井装置，该装置具有带有纵轴的伸长导电芯棒、位于芯棒周围并含有发射电磁能量的发射器和接收来自地层的响应信号的接收

器的天线阵列、以及位于天线阵列周围的套，该套具有定位以暴露于井筒环境的外表面和径向朝外表面内部定位的内表面；

5 在发射器纵向之上的位置上支撑套中的上组电极并且在发射器纵向之下的位置上支撑套中的下组电极，因此第一和第二组电极在套的外表面和内表面之间径向延伸，从而上组电极和下组电极通过芯棒导电互连；

将测井装置定位于井筒中从而使电极的外表面暴露于导电井筒环境中，以及

10 操作测井装置以将电磁能量发射到地层中，从而在导电井筒环境中产生井筒电流；

然后将井筒电流直接引入在第一组电极中的电极、芯棒、第二组电极中的电极以及导电井筒环境之间的电流路径环中，从而使井筒电流短路并减少在接收器上的井筒电流效应。

21. 根据权利要求 20 的方法，其中所述提供上组和下组电极的步骤包括提供绕所述套方位间隔开的上组电极，以及绕所述套方位间隔开的下组电极。

22. 根据权利要求 20 的方法，其中所述引入井筒电流的步骤包括将井筒电流从导电井筒环境通过电极径向地引入芯棒。

调整井筒偏心效应的装置和方法

技术领域

- 5 本发明总体涉及一种在地下井筒中或经过其进行测量的装置和方法。更具体的，本发明涉及用于调整在该地下测量中遇到的一定“井筒偏心效应”的这样一种装置和方法，其更为特殊的是为了减小和/或修正这些井筒效应。

背景技术

- 10 在烃勘探和生产操作中运用了多种电阻率测井技术，包括流电技术（例如侧向测井）和电磁（EM）感应技术。这些技术都采用了测井仪器或“探测装置”来向地下井筒周围的地层或环境中发射能量（电流或EM场）。所发射的能量与地层相互作用从而产生响应信号，这些信号由仪器上的传感器测出。然后处理所测得的信号以建立地层的一个或多个属性的型面图。

- 15 为了确保高品质的测量，测井工具最好维持在井筒中心上或其附近（即沿着纵向轴）。但是始终使工具保持定位在中心可能很困难。随着工具从井筒中心偏离而朝向井筒壁，其他的精确或预期的响应信号可能变化（尽管还没有测量地层的特性）。这种信号的变化称作“抵消效应”或“偏心效应”（上述为“井筒偏心效应”）。例如偏心的感应工具可以感应出干扰来自地层的响应信号的很强的井筒产生信号。

- 20 信号变化的程度取决于随着执行测量的工具类型而变化的井筒偏心效应。在电阻率工具的情况下，信号可能受到井筒中工具的位置以及钻井泥浆的电阻率的变化影响。本发明总体涉及用于调整任何这些不希望的效应的装置和方法，尤其是针对那些起因于井筒电流的效应，且本发明还涉及所有类型的电阻率测井，包括电磁（EM）感应测井。

- 30 传统的有线EM测井仪器是用天线来实现的，其功能是作为源头和/或传感器。在有线EM测井仪器上，天线一般由外壳包围，外壳是由硬塑料（绝缘）材料例如其中注满环氧树脂的层压玻璃纤维材料构成的。或者，这些仪器可以由热塑性塑料（绝缘）材料构成。这些仪器

的热塑性材料提供了安装天线的非导电性结构。美国专利 No. 6084052 (转让给本受让人) 公开了一种用于有线和 LWD 应用中的合成材料为基础的测井仪器, 正如本发明所考虑的。

5 天线一般沿工具的轴线彼此间隔开。这些天线通常是螺旋式线圈, 其包括缠绕在支撑体上的一圈或多圈绝缘导线。例如, 美国专利 No. 4651101、4873488 和 5235285 (每个都已转让给本受让人) 公开了装配有沿着中心金属支撑体布置的天线的仪器 (因此其每个作为参考结合并成为本发明公开的一部分)。在操作中, 通过交流电向发射天线供电以通过井筒流体 (也称为泥浆) 发射 EM 能量并进到地层中。
10 在接收天线处测得的信号通常表现为复数 (相位电压) 并反映出所发射能量与泥浆和地层的相互作用。

携带电流的线圈 (或天线) 可以由具有与电流和面积成比例的磁矩的磁偶极子表示。磁矩的方向和大小由垂直于线圈平面的矢量表示。在传统的感应和传播测井工具中, 发射和接收天线利用它们与仪器纵轴对准的磁偶极子安装。因此, 这种仪器称为具有纵向磁偶极子 (LMD)。当 LMD 工具位于井筒中并被供电以发射 EM 能量时, 感应出的涡流在围着井筒中以及周围地层中的天线的环中流动。这些涡流在垂直于工具纵轴 (与井筒轴线一致) 的平面上流动, 但不向井筒的上或下流动。

20 在 EM 感应测井领域中的供电技术利用了结合具有倾斜的或横向的天线的天线的仪器。这些天线的磁偶极子相对于工具轴线倾斜或与其垂直。这种仪器称作具有横向或倾斜的磁偶极子 (TMD)。因此, 这些 TMD 仪器可以感应出在不垂直于井筒轴线的平面上流动的涡流。于是, 这些 TMD 工具提供了对磁倾平面、地层裂口或地层各向异性敏感的量值。装配有 TMD 的测井仪器, 例如在美国专利 No. 4319191、5508616、
25 5757191、5781436、6044325 和 6147496 (因此结合其每一个作为参考并成为本发明公开的一部分) 中有说明。

尽管 TMD 工具能够提供改善的地层电阻率测量结果, 但这些工具容易大大受井筒电流影响。这在高对比关系的情况下尤其真实, 其中
30 井筒中的泥浆比地层中的更具导电性。当在井筒中心向 TMD 工具供电时, 其可以感应出向井筒的上和下流动的涡流。但是, 由于电流的对称性, 向上和下流的电流彼此抵消, 因此提供了在轴向或纵向方向上

的零净电流。但是，当 TMD 工具偏心时，可能在电流中不会有任何这种对称。如果 TMD 工具在平行于其天线的磁偶极子方向的方向上偏心时（即纵向偏心），则维持包括井筒轴线和偶极矩方向的对称平面并因此具有沿纵向或井筒轴线流动的零净电流。但是，如果 TMD 在垂直于其天线的磁偶极子方向的方向上偏心时（称为横向偏心），就不会有这种对称。因此，具有向井筒的上或下流动的合成电流，（当天线被供电时）。在高对比的情况下（即导电泥浆和电阻性地层），井筒电流可以沿井筒流很长的距离。当这些电流经过 TMD 接收器附近时，它们感应出不期望的信号，这些信号可能比来自地层的实际响应信号大得多。

这些不期望的效应（信号）中的某些可能会在数据处理过程中衰减。例如，美国专利 No. 5041975（转让给本受让人）中公开了处理来自井筒测量的数据以校正井筒效应的技术。美国专利 No. 6541979（转让给本受让人）公开了用于减轻井筒偏心效应的技术，其对井筒电流效应应用了数学校正。

或者，来自井筒电流的不期望的效应可以在数据采集过程中最小化。例如，美国专利 No. 6573722（转让给本受让人）公开了最小化流经 TMD 天线的井筒电流的方法。在一种方法中，位于 TMD 天线之下的电极连接到位于 TMD 天线之上的另一电极以提供在 TMD 天线之下的导电路径。这种附加的导电路径减少了在 TMD 天线前面流经的井筒电流的量，并因此最小化了不期望的效应。在另一方法中，公开了一种在井筒中（在位于 TMD 天线的两侧上的两个电极之间）产生局部电流的工具，该局部电流消除或抵消不期望的井筒电流。但是，该局部电流本身具有对 TMD 天线的不利效应，虽然其比井筒电流的程度小。

尽管这些现有技术中的方法和工具提供了减少井筒电流效应的装置，但仍需要在减少、消除或者调整不期望的井筒电流效应的系统、方法和组件的开发上做进一步的改善。

发明内容

在本发明的一方面中，提供测井装置来在横过地下地层的井筒周围的井筒环境中执行测量。本发明装置包括具有纵轴的细长的导电芯棒、位于芯棒周围且包括向地层中发射电磁能量的发射器的天线阵列、以及位于天线阵列周围的套。该套具有定位以暴露在井筒环境中

的外表面以及径向朝外表面内部定位到地层里的内表面。该装置进一步包括第一电极（优选为多个）和第二电极（优选为多个），每个电极都具有外端以及径向朝外端内部定位的内端。两种电极都支撑在套上从而使外端暴露在套的外表面上以便与相邻的导电井筒环境导电接触。而且，第一和第二电极纵向间隔开从而使发射器纵向位于其间。重要的是，第一和第二电极与芯棒导电互连，从而当测井装置在其中具有井筒电流的井筒环境中操作时，提供一个或多个电流路径环以使井筒电流短路。电流路径环包括在导电井筒环境、第一电极和芯棒之间的第一导电路径以及在导电井筒环境、第二电极和芯棒之间的第二导电路径。因此，本发明测井装置的操作减轻了通过上述方式使电流短路而引起的井筒电流效应所带来的问题，从而将这种效应减少到可管理的水平。

优选的，每个电极是与所述芯棒分开并相对于其可移动的部件。更优选的，该装置包括第一导电连接和第二导电连接，其中每一个都布置于一个电极和芯棒之间以使电极和芯棒导电互连。每个导电连接是与所述电极和所述芯棒分开的部件。

在一种优选实施例中，第一组电极支撑在发射器上面的套上并在套周围方位地间隔开。包括第一电极的该第一组电极与芯棒导电互连。而且，第二组电极位于发射器之下并在套周围方位地间隔开。包括第二电极的该第二组电极也与芯棒导电互连。而且，第一和第二组电极中的每一个都具有外端以及径向朝外端内部定位的内端，且它们都支撑在套上从而使外端暴露以便与相邻的导电井筒环境导电接触。以这种方式，电流路径环（优选的除了其他电流路径环之外）在导电井筒环境、第一组电极、芯棒、第二组电极以及导电井筒环境之间延伸。

在本发明的另一方面中，对测井装置提供套组件，该测井装置包括伸长的导电芯棒和在芯棒周围定位的三轴天线阵列。套组件包括在天线阵列周围定位的非导电套，其具有定位以暴露于井筒环境中的外表面以及径向朝外表面内部定位的内表面。该套组件还包括支撑在发射器上面的套上并在套周围方位地间隔开的第一组电极。该第一组电极与芯棒导电互连。第二组电极位于发射器之下并在套周围方位地间隔开。该第二组电极也与芯棒导电互连。而且，第一和第二组电极中

的每一个都具有外端以及径向朝外端内部定位的内端，其中外端暴露于套的外表面上以便与相邻的导电井筒环境导电接触。以这种方式，当测井装置在其中具有井筒电流的井筒环境中被操作时，提供电流路径环以使井筒电流短路。这些电流路径环包括在导电井筒环境、第一组电极、芯棒、第二组电极以及导电井筒环境之间的电流路径环。

在本发明的另一方面，提供一种方法用于根据在导电井筒环境中利用测井装置执行的测量而减少井筒电流效应，其中在邻近测井装置的井筒环境中产生井筒电流。本发明方法包括提供测井装置，该装置具有带有纵轴的细长导电芯棒、位于芯棒周围并含有发射电磁能量的发射器和接收来自地层的响应信号的接收器的天线阵列、以及位于天线阵列周围的套。该套具有定位以暴露于井筒环境的外表面和径向朝外表面内部定位的内表面。该方法进一步需要在发射器纵向之上的位置上支撑套中的上组电极并且在发射器纵向之下的位置上支撑套中的下组电极，因此第一和第二组电极在套的外表面和内表面之间径向延伸。以这种方式，上组电极和下组电极通过芯棒导电互连。

该方法于是要求将测井装置定位于井筒中从而使电极的外表面暴露于导电井筒环境中，并要求操作测井装置以将电磁能量发射到地层中，从而在导电井筒环境中，产生井筒电流。井筒电流然后被直接引入在第一组电极中的电极、芯棒、第二组电极中的电极以及导电井筒环境之间的电流路径环中，从而使井筒电流短路并减少在接收器上的井筒电流效应。在某些应用中，定位测井装置的步骤包括定位测井装置以使发射器具有横向偏心的偶极子。优选的，引导井筒电流的步骤包括将井筒电流从导电井筒环境中径向通过电极并引入芯棒。

附图说明

图 1 显示为布置于井筒内的测井工具上的 TMD 天线的偏心的简化图；

图 1a 显示为通过操作井筒中横向偏心的 TMD 天线而导致的井筒电流的视图；

图 2 显示为布置于井筒中并结合了多个根据本发明的电极的测井工具的示意图；

图 2a 显示为通过操作本发明的垂直或横向偏心的测井工具而引起的井筒电流路径；

图 3 显示为图 2 中的测井工具的透视图；

图 4 显示为根据本发明的包括绝缘套的测井工具的部分的纵向截面图；

图 5 显示为根据本发明的选择性绝缘套的局部截面图；

5 图 6 显示为根据本发明另一选择实施例的绝缘套的局部截面图；

图 7 显示为根据本发明另一选择实施例的绝缘套的局部截面图；

图 7a 显示为图 7 中的绝缘套的圆周平面图；以及

图 7b 显示为利用了图 7 中的绝缘套的插槽金属板的平面图；

具体实施方式

10 这里利用图 1 和 1a 来简要说明由井筒感应电流带来的对测井工具操作的问题。图 2-7 描绘了根据本发明为了解决该问题的示范性系统、装置和方法。为了说明，下面的详细说明主要集中于电磁 (EM) 感应测井操作上以说明用于减少感应的井筒电流的本发明系统、装置和方法。

15 如上所述，由工具偏心引起的井筒感应电流的出现可能会危及测井测量结果的质量。参照图 1，通常定位于井筒 13 的中心的横向或倾斜的磁偶极子 (TMD) 20 可能在两种可能的方位上偏心。这两个方位指纵向偏心 (平行于天线的磁偶极子的方向) 和横向偏心，其分别由偶极子 22 和偶极子 21 表示。纵向偏心偶极子 22 在井筒 13 中产生涡流。但是，由于涡流关于井筒 13 和偶极子移动的平面对称，因此没有产生在井筒 13 的上或下流动的净电流。因此，具有纵向偏心的偶极子 22 的工具不会产生不期望的井筒效应。相反，具有横向偏心的偶极子 21 的工具感应出涡流在井筒 13 的上和下流动，但没有对称来抵消上和下电流。因此，横向偏心的偶极子 21 引起了很大的井筒电流。图 1a 显示了在井筒 13 中工作的这样一个具有横向偏心的偶极子并产生井筒电
20 流 23 的测井工具 19。这些井筒电流 23 向布置于测井工具 10 上的接收器 24 发出强烈的信号，从而危及到测量的品质。

在本发明的一方面中，装置和方法对井筒电流引起的上述问题提供简单有效的解决方案。更具体的，通过提供优选 (通过工具的内芯棒引导井筒电流) 的径向导电路径来利用本发明的系统、装置和方法
30 来调整井筒电流，从而减少或消除流经并影响接收天线的井筒电流。图 2 以简化图的形式显示了调整这种井筒电流的测井工具 10 和系统。

图 2a 显示了由于利用本发明的测井工具 10 而形成的井筒电流图形。

参照图 2 所示, 根据本发明的一种实施例的测井工具 10 具有多个天线阵列, 其中每个都布置于导电芯棒 51 周围并在不同的纵向或轴向位置上彼此间隔开。在该实施例中, 天线阵列包括发射器 15、位于发射器 15 之上的上接收器 16、和位于发射器 15 之下的下接收器 17。在另一优选实施例中, 接收器 (两个或多个) 与发射器间隔开地位于其下 (或上)。发射器 15 和接收器 16、17 可以是 LMD、TMD 或其结合。发射器 15 和接收器 16、17 一般布置于非导电支撑元件 (图 2 中未显示) 上, 该支撑元件布置于导电芯棒 51 周围。该非导电支撑元件因此提供在导电芯棒 51 和天线 15、16、17 之间的缓冲。天线 15、16、17 可以是螺旋式线圈天线、环天线或任何由横向磁偶极子合成的线圈构造。

天线 15、16、17 径向朝内布置, 因此在内受到提供了工具 10 的实质外表面的绝缘套 11 的保护。在组件的最后阶段期间, 通过将套 11 在天线 15、16、17 和芯棒 51 的组件上滑动而使其密封地装到工具 10 的其余部分上。于是应当注意, 由于套 11 在芯棒 51 和天线 15、16、17 之后以及独立于其安装, 因此在套 11 上的电极 12 和内芯棒 51 之间的连接 (至少、最初) 不能方便地硬连线。套 11 可以由一般用在工业中的任何持久绝缘材料制成, 例如复合材料、弹性体或橡胶。

还参照图 3, 多个电极 12 径向地嵌入套 11 中以使每个电极 12 的外表面部分暴露于套 11 的外表面上, 从而在操作期间暴露于井筒 13 的环境中。发射器 15 纵向定位以便由电极 12 托上和托下。电极 12 可以是如图 2-7 所示的单个的 (例如按钮) 电极, 或圆形的 (环绕套), 例如带状或环状电极。在下面所述的进一步实施例中, 电极 12 是开槽的金属板 (见例如图 7)。利用单个电极 12 的实施例可以具有在沿工具轴的另一纵向位置附近方位地定位的多个电极 12 或多组电极 (如图 2 和 3 所示)。电极 12 可以由一般用在工业中的任何持久导电材料或本领域普通技术人员能够理解的材料制成。在优选实施例中, 套 11 和电极 12 都由足够持久的材料制成以便抵抗或限制由于对井筒壁 14 的摩擦而引起的腐蚀 (或磨损) 或者由井筒 13 的环境的腐蚀属性引起的腐蚀。

申请人意识到对工具部件利用多种材料可以提供具有不同的热膨

胀率的部件，并可能在过长时间暴露于高温井筒环境时或之后引起不期望的应力、破裂和失效。本发明的特定实施例通过利用适应工具部件不同的热膨胀率的部件或构造来调整这些状况。本发明的进一步实施例提供了一种构造：允许电极之间的导电连接在将套 11 位于天线 15、16、17 上之后发生。

在图 2 和 3 的实施例中，绝缘套 11 包括多个嵌入表面套 11 材料中的方位间隔开的“按钮”式电极 12。如上所述，该套按钮电极 12 纵向或轴向定位以便支承发射器 15。在所述优选实施例中，具有定位于发射器 15 之上的两套或两组按钮电极 12a、12b 以及定位于发射器 15 之下的两套或两组按钮电极 12c、12d。每套或每组 12a - 12d 包括八个方位间隔开的按钮式电极 12。应当注意，在本发明的进一步实施例中，电极的数目可以改变。

图 4 的截面图描绘了根据本发明的完整装配的测井工具 10 的部分。测井工具包括位于中央并纵向延伸的内芯棒 51（具有通常平行于井筒轴的纵轴）。在本发明中，内芯棒 51 是“导电芯棒”，其可以采取金属杆的形式以及其他适当形式。仍如图 4 所示，在内芯棒 51 附近装配和定位天线。一般的天线阵列包括布置于天线之间的隔离组件。该组件由隔板 54、在隔板 54 内纵向定位的线轴 50、以及在线轴 50 内纵向定位的接触隔板 53。这些元件的每一个都绕芯棒 51 紧密组装并径向朝套 11 的内部且在其里面。如图 4 所示，这对接触隔板 53 形成在其间径向延伸的沟道 55。定位在沟道 55 内的是延伸过沟道 55 的深度的导电组件或导电元件 52。通过下面的说明将变得明显的是，导电元件 52 与芯棒 51 和电极 12 相接触（即电接触），从而提供其间的径向导向电流路径。当井筒环境，即钻井泥浆也是导电的时，则提供了在井筒环境和芯棒 51 之间引起的导电路径。

绝缘套 11 方便地定位于天线 15、16、17 和芯棒 51 周围以使电极 12 纵向或轴向对齐从而与导电元件 52 接触。绝缘套 11 的主要功能是覆盖和保护天线阵列。最少，绝缘套 11 包括非导电部 11a 和帮助保持电极 12 的孔或沟道 8。仍参照图 3，按钮电极 12 嵌入套 11 中以使内表面径向面对套 11 的内部。

为了本发明，应当注意，导电元件 52 可以采取几种合适形状中的一种。例如，在一种应用中，导电元件是接触隔板 53 的成整体部分。

在该实施例中，没有硬连线在电极 12 和导电元件 52 之间以及在导电元件 52 和芯棒 51 之间的界面。由于如上所述，套 11、天线阵列以及导电芯棒 51 可以展示出明显不同的热膨胀率，因此当工具 10 暴露于升高的温度下时这是优选的。

5 图 2a 显示了在具有横向偏心偶极子的测井工具 10 操作期间并且在具有与周围地层 7 导电的钻井泥浆 29 的井筒 13 中产生的井筒电流路径环 CP。图 2a 更具体地显示了由于操作本发明的用于调整井筒电流的系统而产生的电流路径环 CP。相对于图 1a 中所示的轴向流动的井筒电流，该井筒电流沿着在发射器 15 周围并离开接收器 16、17 的环状
10 电流路径环 CP 被短路。以这种方式，可管理对于接收器的井筒电流效应。

如上所述，按钮电极 12 的成组电极 12a-12d 支承或固定发射器 15。电极 12 的成组电极 12a-12d 通过导电泥浆、导电元件 52 以及芯棒 51 彼此导电连接。电流路径 CP1、CP2 在发射器天线 15 周围的局部
15 区域内被短路（当按钮电极 12 的成组电极 12b、12c 暴露于井筒泥浆中时），从而大大衰减以别的方式出现的上和下电流。

应当注意电流路径 CP 可以分类为两种方式。在第一电流路径 CP1 中，通过下面的环引导井筒：导电泥浆 29 - 按钮电极 12 - 导电元件 52 - 芯棒 51 - 导电元件 52 - 按钮电极 12 - 导电泥浆 29。在该电流路径
20 CP1 中，定向的电流流经芯棒 51 并在发射器 15 之下。在第二电流路径 CP2 中，井筒电流通过下面的环路引导：导电泥浆 29 - 按钮电极 12 - 导电元件 52 - 芯棒 51 - 导电元件 52 - 按钮电极 12 - 导电泥浆 29 - 按钮电极 12 - 导电元件 52 - 芯棒 51 - 导电元件 52 - 按钮电极 12 - 导电泥浆 29。两个电流路径 CP1、CP2 限定出闭合的电流路径。两个电
25 流路径 CP1、CP2 包括至少两个在导电泥浆 29、电极和芯棒 51 之间的径向定向的导电路径（即部分路径环）。因此，通过导电电极 12 和导电接触器 52 的协助，限制了在发射器天线 15 周围的局部区域内的电流路径。以这种方式，于是大大减少或消除了对于接收器 16、17 的井筒电流效应。

30 应当注意，本发明的系统和方法还操作以最小化肩床效应对响应信号的影响。以同样的方式运用同样的上述方法以定位由发射器激励出的不期望的电流。

现在参照图 5, 在本发明的选择实施例中, 绝缘套 511 包括或保持具有 T 形横截面的圆柱形按钮电极 512。套 511 的绝缘套材料 511a 包括在其中钻的沟或孔 508, 其内装有按钮电极 512。按钮电极 512 具有比径向朝内延伸的基部 512b 大的顶或外部 512a。如图 5 所示, 用橡胶套 507 绕电极 512 的基部 512b 包裹, 然后用胶将电极 512 和橡胶套 507 之间的界面密封。或者, 可以通过将橡胶材料直接模制到圆柱按钮电极 512 的侧面上来构成密封。优选的, 在电极 512 和橡胶套 507 和绝缘套材料 511a 之间放置环氧树脂材料 509。

通过在金属电极 512 和复合套 511 (和环氧树脂材料 508) 之间提供橡胶套 507, 可以给整个 (“动态的”) 组件赋予柔韧性。因此, 可以适应元件的不同的热膨胀率。除此之外, 这还防护了可能在几次热膨胀循环之后形成并成为潜在的泄漏途径的微小断裂的产生。

图 6 的截面图绘出了根据本发明的本发明绝缘套的另一实施例。该绝缘套 611 包括非导电的绝缘材料 611a, 其中钻有多个孔和沟 608 并嵌入有多个按钮式的金属电极 612。在该具体实施例中, 金属按钮电极 612 具有三个不同的主要部件: 外金属按钮 612a、基本与外金属按钮 612a 相同的内金属按钮 612b 以及布置于其间的金属导体元件 612c。金属导体元件 612c 提供在外和内金属按钮 612a、612b 之间的电接触。如图 6 所示, 导体元件 612c 具有比外和内金属按钮 612a、612c 基本上小的直径。当绝缘材料 611a 中钻有孔 608 时 (以适应电极 612), 附加的空间或空隙中填有环氧树脂材料 609。环氧树脂材料 609 还填充在外和内金属电极 612a、612b 之间的间隙或空间。

导体元件 612c 优选为电线或其他的非常细的金属杆。由于导体元件 612c 具有相对于在绝缘材料 611a 之间的孔或空间小的直径, 因此在导体元件 612c 的径向方向上的任何热膨胀效应可以忽略。因而, 基本可以减少泄漏的潜在可能。

这里所用的术语 “绝缘套” 和 “复合套” 是指绝缘套本身以及其中支撑的部件例如电极 12。术语 “套组件” 还可以用来指套和电极的组合。

图 7 绘出了根据本发明的支撑多部件电极的绝缘套实施例的变化。在某些应用中, 期望增加电极的暴露表面面积以获得特定的地层响应信号。图 7 的实施例提供了具有这种放大的暴露表面的电极 712。

如图 7 的局部侧视图所示,绝缘套 711 包括具有在其中钻的沟或孔 708 的非导电套材料 711a, 其中嵌入有一个或多个金属按钮电极 712。

多个部件电极 712 包括外金属按钮 712a、内金属按钮 712b、以及位于其间的导体元件 712c。内金属按钮 712b 具有带有内表面的盘形状, 其与导体元件 712c 相连。导体元件 712c 具有实质减小的直径, 5 使得其成为象杆的形状。

另外, 绝缘套 711 包括相对于其侧视图尺寸基本上比内金属按钮 712c 大的外金属按钮 712a。在图 7 中, 外金属按钮 712a 具有矩形或方形的形状。沟或孔 708 包括圆形表面开孔 725 和直接设置在开孔 725 10 下面的扩大凹槽 723。矩形的按钮电极 712a 方便地适配且牢固地位于凹槽 723 中。参照图 7a, 矩形按钮电极 712a (见虚线) 具有大于开孔 725 中面积区域 (即凹槽) 的顶部金属表面面积。因此, 仅按钮电极 712a 的中心部分暴露于井筒环境中。而且, 按钮电极 712 有利地嵌入绝缘套 711 表面的下面或内部, 从而在与井筒环境中的元件接触时不 15 易损坏。

如图 7b 所示, 按钮电极 712a 具有矩形外围, 以及多个设置于其间的纵向延伸的缝 724。缝 724 将电极 712a 暴露的金属表面划分为多个通常平行排列的互连的指电极 726。在该实施例中, 电极 712a 的总暴露金属表面有利地增加 (例如从上述实施例), 从而较容易使井筒 20 电流引入电极。正常地, 增加暴露的金属表面的尺寸提供了“圆形”面积, 其对涡流环的地层导电, 涡流环可以耦合回到接收器。在本发明中, 缝隙 724 减轻了由于将大的单独的金属表面切割成具有多个通常狭窄并缺少大“圆”区域 (其中可能产生大涡流环) 的互连的部分所引起的这种潜在问题。

应当注意, 在另外的实施例中, 可以采用按钮电极的其他构造和形状以获得同样的通用目的或不同的具体目的。例如, 图 7a 和 7b 中 25 所示的缝隙 724 一般沿着纵向方向为平行方位关系且与工具的纵轴平行。在其他实施例中, 缝隙可以沿着侧向或圆周方向 (垂直于工具的纵轴) 为平行方位关系。

而且, 开孔 725 可以采取不同的形状 (例如方形)。在这些应用的每一个中, 开孔 725 和凹槽 723 对按钮电极 712a 的金属板提供有利的 30 的紧密装配。按钮电极 712a 由套材料 711a 很好地保护, 从而使整个

组件更坚硬和稳固。因此，按钮电极 712a 和电极 712 的其他部件很少可能被环境中的障碍所损坏（例如拔出）。优选的，在电极部件 712a、712b、712c 和复合绝缘材料 711a 之间的间隙可以填入环氧树脂 709。

为了解释已经提供了关于本发明的上述说明。应当注意该说明书并不意欲将本发明限制为这里所公开的各种装置、系统和方法。上述的发明的各个方面可以应用到例如其他类型的测井或测量工具上，或者感应或电阻式工具的不同装置上。本发明的这种变化对于石油、地质、石油物理等领域、或其他相关领域的普通技术人员来说是显而易见的。因此，与上述教导相当的变化和改动以及相关领域的技术和知识都在本发明的范围内。这里所述和显示的实施例进一步意欲解释实践本发明的最好模式，并能使本领域的普通技术人员利用本发明和其他实施例以及具体应用中所需的各种改动。

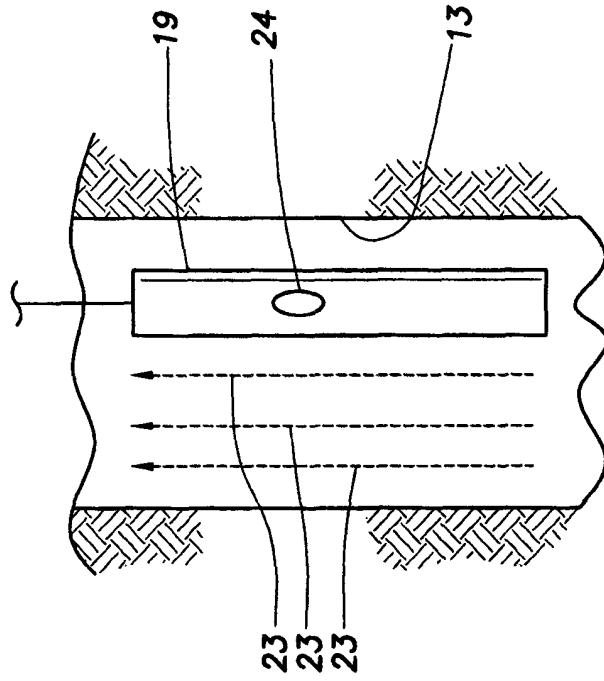


图 1a

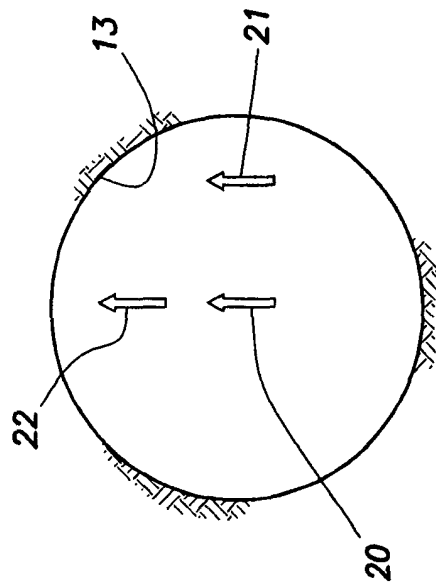


图 1

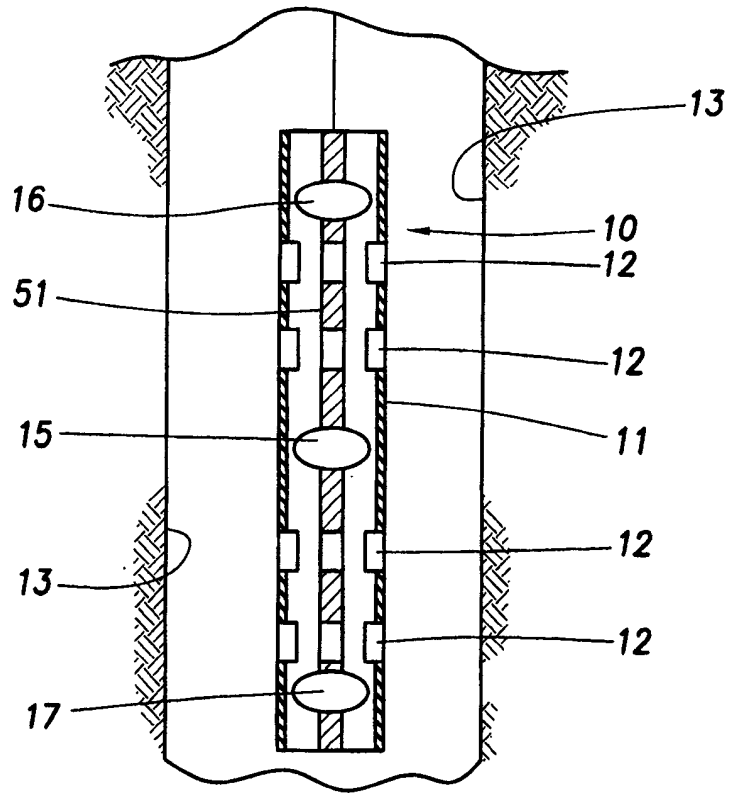


图 2

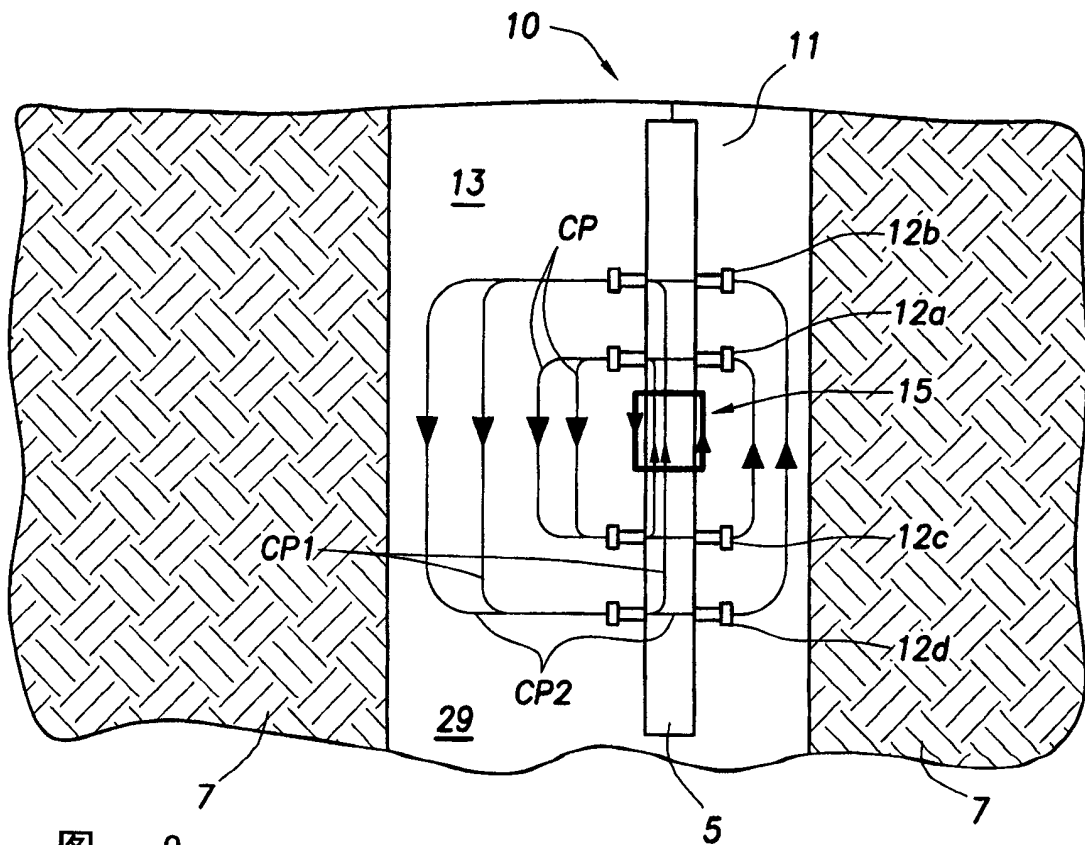


图 2a

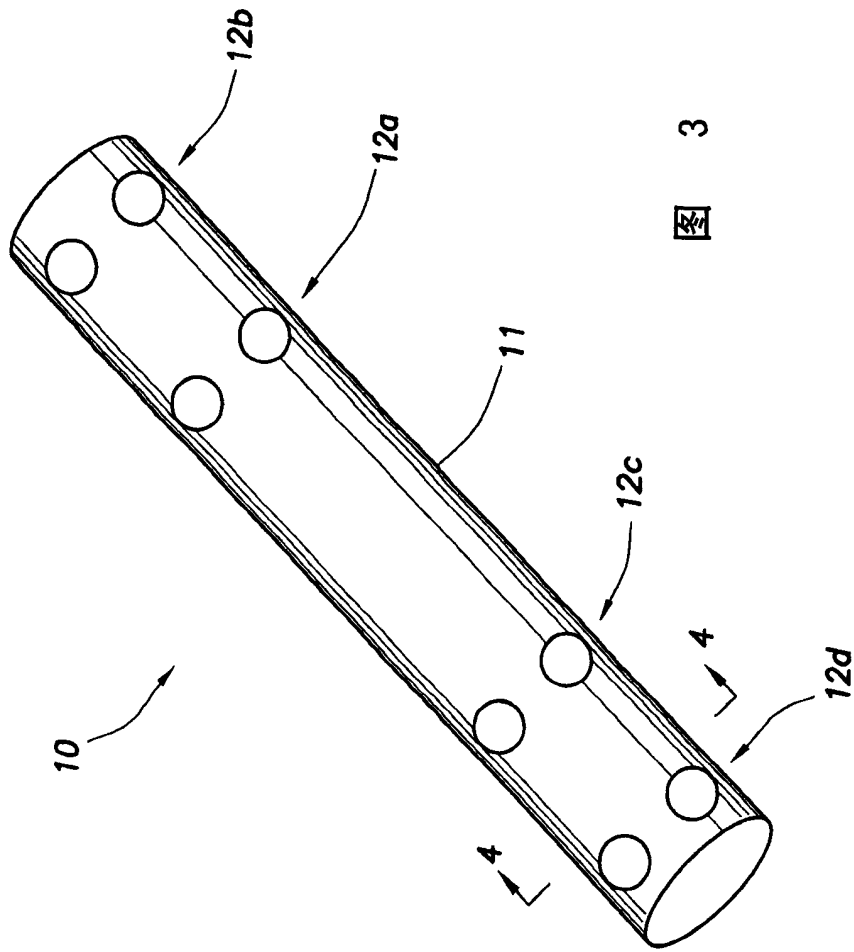


图 3

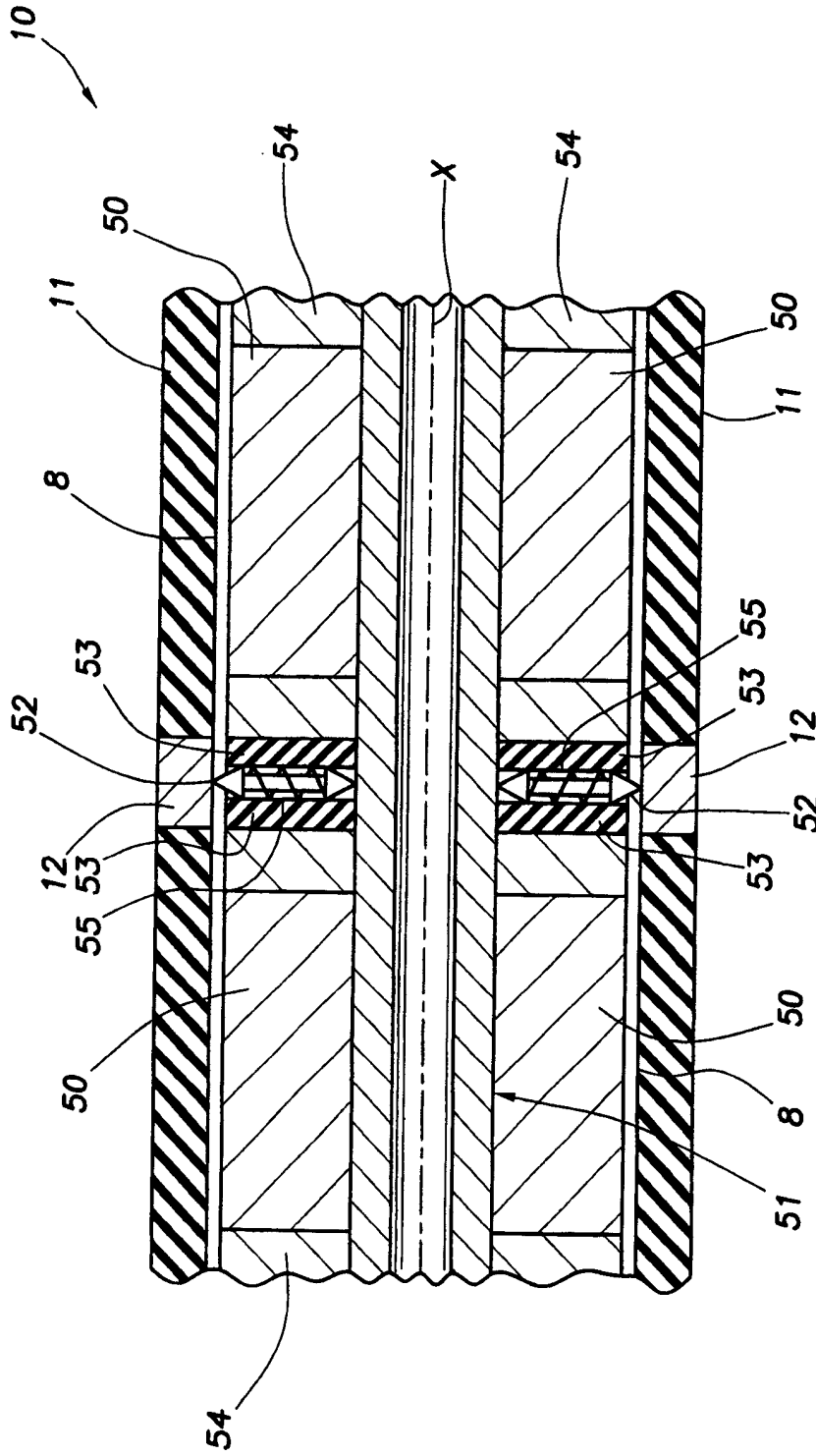


图 4

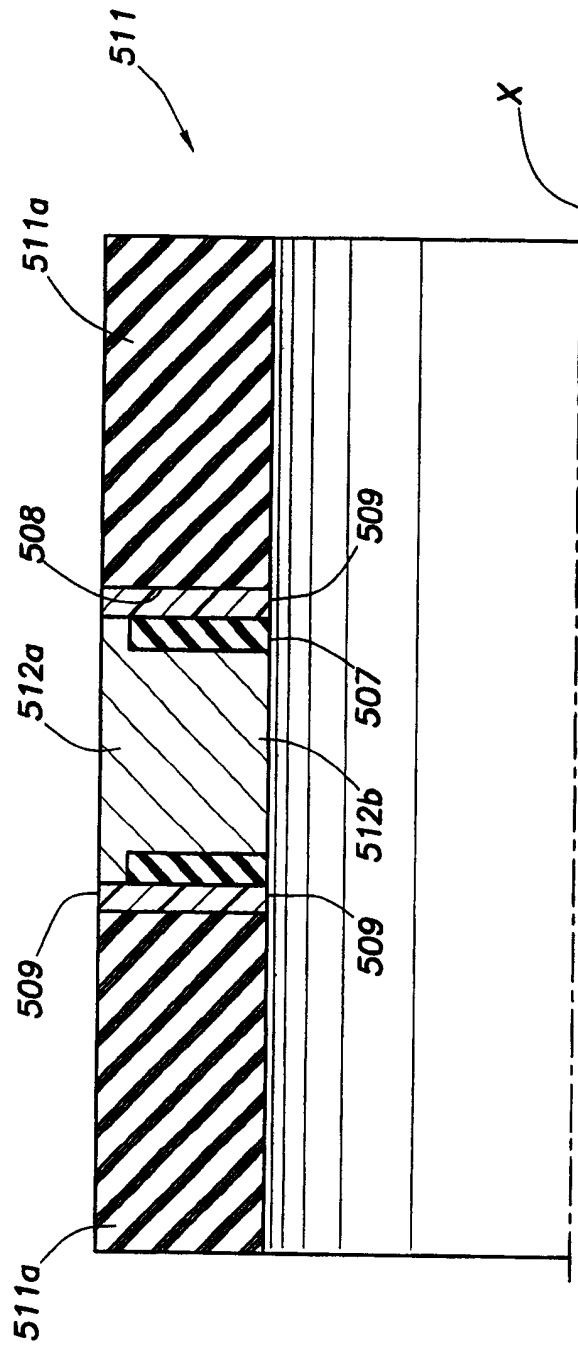


图 5

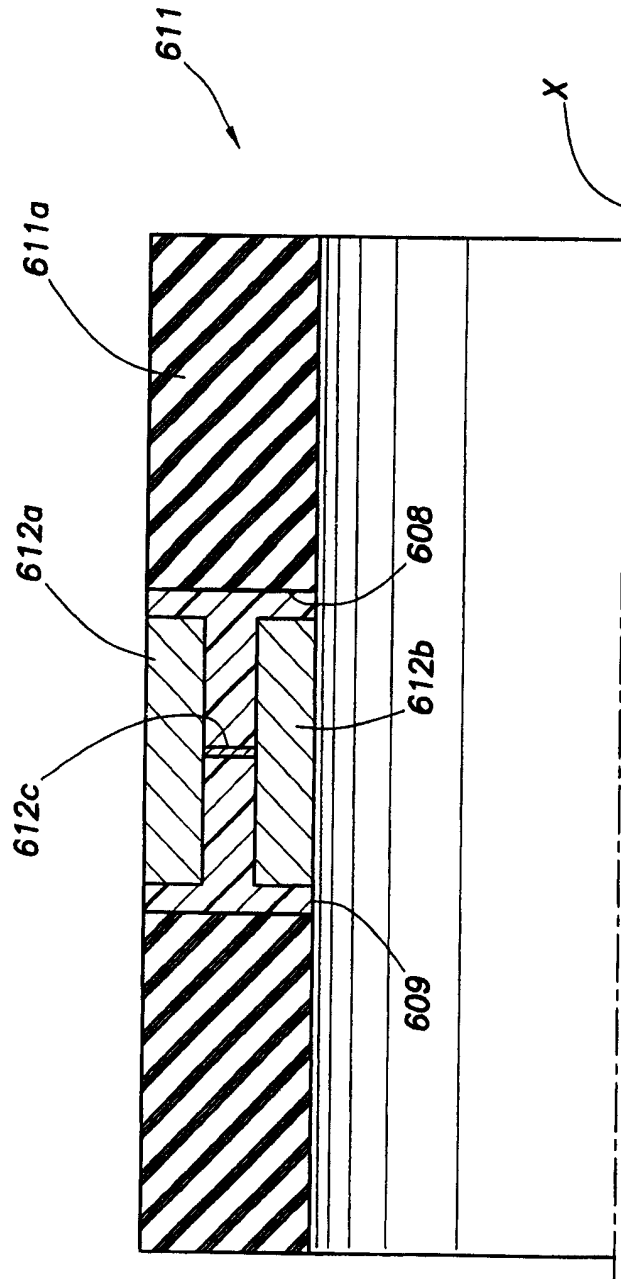


图 6

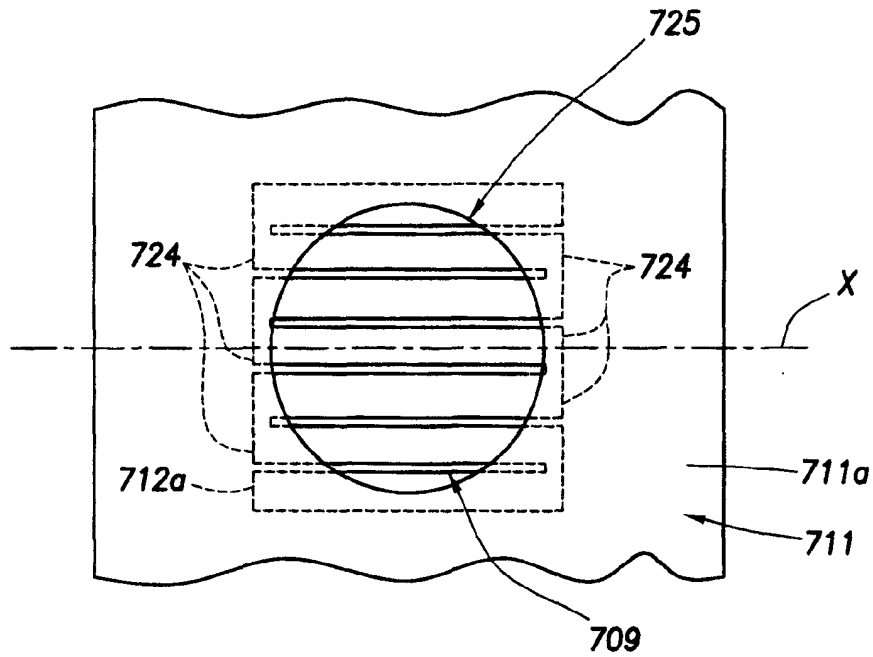


图 7a

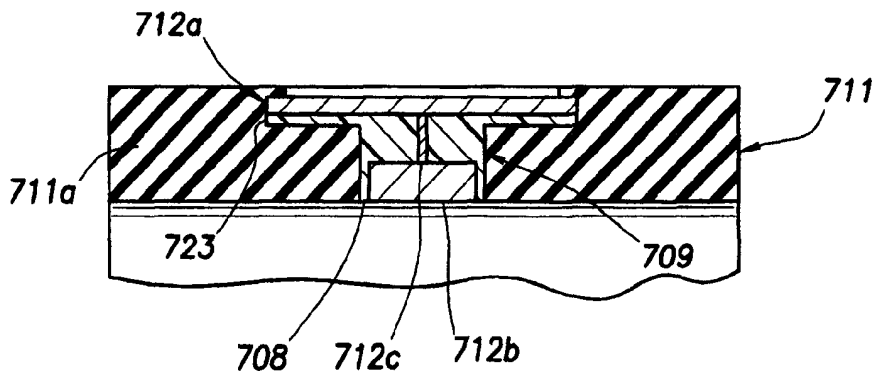


图 7

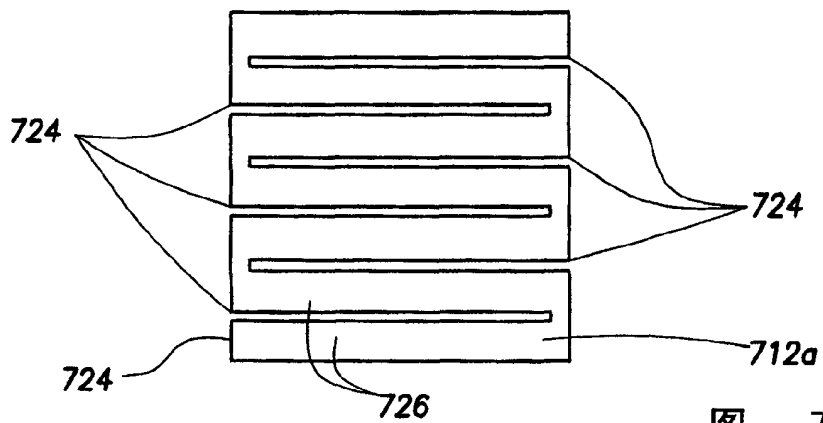


图 7b