



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102549236 A

(43) 申请公布日 2012.07.04

(21) 申请号 201080044625.8

代理人 王初

(22) 申请日 2010.10.04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

E21B 47/047(2012.01)

12/573,434 2009.10.05 US

G01F 23/284(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.04.05

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/051283 2010.10.04

(87) PCT申请的公布数据

W02011/044023 EN 2011.04.14

(71) 申请人 雪佛龙美国公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 M·C·汤普森 C·H·韦布

R·P·鲁博 D·K·安德森二世

M·H·亚玛萨基 M·C·史密森

M·E·冈萨雷斯

(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

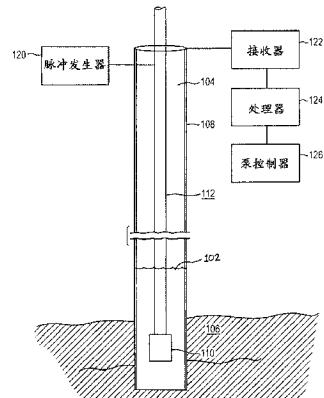
权利要求书 5 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

检测液位的系统和方法

(57) 摘要

用来检测在井眼中的流体液位的系统、方法和装置。该系统包括：用于产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲的脉冲发生器；用来检测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分的检测器；用来对所检出的信号进行分析以确定出流体的表面液位的处理器。在一个实施方案中，该系统包括泵控制器，用来根据流体表面液位来控制位于井眼中的泵的操作。



1. 一种测量在井眼中的流体液位的系统,包括:

脉冲发生器,其能被设置并且操作用以产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测器,其能被设置并操作用以检测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分;以及

处理器,其被构造并布置成接收来自所述检测器的、表示电磁脉冲的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位。

2. 如权利要求1所述的系统,还包括泵控制器,其被构造并布置成接收来自所述处理器的距离信息,并且采用所述距离信息来控制位于井眼中的泵的操作。

3. 如权利要求1-2中任一项所述的系统,其中所述处理器还被构造并且布置成对信号进行分析,以根据检出部分的幅度获得与在流体中水与烃的比例相关的信息。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的系统,其中脉冲通过包括一对相互电绝缘的导电体的传输线沿着井眼传播。

5. 如权利要求4所述的系统,其中所述导体中的一个导体包括至少一个井部件,该井部件选自由井套管、管道、钻杆、脐带、控制管线、液压管线或TEC(罩有管道的导体)所组成的组。

6. 如权利要求4-5中任一项所述的系统,其中所述传输线包括一对导线,其上具有绝缘材料,所述绝缘材料沿着所述传输线的长度的至少一部分以预定间隔在其中具有间隙,这些间隙的尺寸和结构设置成当被设置在流体的表面液位下方时使得流体能够在其中流动。

7. 如权利要求1-6中任一项所述的系统,还包括能被设置在已知深度处的至少一个标识器,其中,在使用中,所述检测器还能被设置并且操作用以检测出从所述标识器反射出的电磁脉冲的另一个部分,并且所述处理器还被构造并且布置成从所述检测器接收表示电磁脉冲的所检出的另一个部分的另一个信号,并且对所接收到的信号和所接收到的另一个信号相互结合进行分析以便确定出流体的表面液位。

8. 如权利要求1-7中任一项所述的系统,还包括反射率增强材料源,其被构造并布置成向流体的表面提供反射率增强材料。

9. 如权利要求8所述的系统,其中所述反射率增强材料包括比重小于大约0.7的材料,该材料不易混溶在油中,并且该材料对电磁脉冲的反射比例高于油对电磁脉冲的反射比例。

10. 如权利要求9所述的系统,其中所述反射率增强材料包括具有镍涂层的多个中空玻璃微球。

11. 一种测量在包含有第一井眼流体和第二井眼流体的井眼中的未混合的两种流体的液位的系统,所述第二井眼流体所具有的密度低于所述第一井眼流体的密度、并且所具有的介电常数是已知的且显著低于所述第一流体的介电常数,所述系统包括:

脉冲发生器,其能被设置并且操作用以产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测器,其能被设置并操作用以检测从各流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的相应部分;以及

处理器,其被构造并布置成接收来自所述检测器的、表示电磁脉冲的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出所述两种流体中的每一种流体的表面液位。

12. 如权利要求 11 所述的系统,其中脉冲通过包括一对相互电绝缘的导电体的传输线沿着井眼传播。

13. 如权利要求 12 所述的系统,其中所述导体中的一个导体包括至少一个井部件,该井部件选自由井套管、管道、钻杆、脐带、控制管线、液压管线或 TEC(罩有管道的导体)所组成的组。

14. 如权利要求 12-13 中任一项所述的系统,其中所述传输线包括一对导线,其上具有绝缘材料,所述绝缘材料沿着所述传输线的长度的至少一部分以预定间隔在其中具有间隙,这些间隙的尺寸和结构设置成当被设置在流体的表面液位下方时使得流体能够在其中流动。

15. 如权利要求 11-14 中任一项所述的系统,还包括能被设置在已知深度处的至少一个标识器,其中,在使用中,所述检测器还能被设置并且操作用以检测出从所述标识器反射出的电磁脉冲的另一个部分,并且所述处理器还被构造并且布置成从所述检测器接收表示电磁脉冲的所检出的另一个部分的另一个信号,并且对所接收到的信号和所接收到的另一个信号相互结合进行分析以便确定出流体的表面液位。

16. 一种用于测量在井眼中的流体液位的系统,包括:

频率发生器,其能被设置并且操作用以产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的至少两个电磁频率信号;

检测器,其能被设置并操作用以检测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁信号的一部分;以及

处理器,其被构造并布置成接收来自所述检测器的、表示电磁信号的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位。

17. 如权利要求 16 所述的系统,其中所述检测器被构造并且布置成检测电磁信号的检出部分的相位信息,并且所述处理器被构造并且布置成对所检出的相位信息进行分析以确定出流体的表面液位。

18. 如权利要求 17 所述的系统,还包括泵控制器,其被构造并布置成接收来自所述处理器的距离信息,并且采用所述距离信息来控制位于井眼中的泵的操作。

19. 如权利要求 17-18 中任一项所述的系统,其中所述处理器还被构造并且布置成对信号进行分析,以根据检出部分的幅度获得与在流体中水与烃的比例相关的信息。

20. 如权利要求 17-19 中任一项所述的系统,其中脉冲通过包括一对相互电绝缘的导电体的传输线沿着井眼传播。

21. 如权利要求 20 所述的系统,其中所述导体中的一个导体包括至少一个井部件,该井部件选自由井套管、管道、钻杆、脐带、控制管线、液压管线或 TEC(罩有管道的导体)所组成的组。

22. 如权利要求 20-21 中任一项所述的系统,其中所述传输线包括一对导线,其上具有绝缘材料,所述绝缘材料沿着所述传输线的长度的至少一部分以预定间隔在其中具有间隙,这些间隙的尺寸和结构设置成当被设置在流体的表面液位下方时使得流体能够在其中流动。

23. 如权利要求 17-22 中任一项所述的系统,还包括反射率增强材料源,其被构造并布置成向流体的表面提供反射率增强材料。

24. 如权利要求 23 所述的系统,其中所述反射率增强材料包括比重小于大约 0.7 的材料,该材料不易混溶在油中,并且该材料对电磁脉冲的反射比例高于油对电磁脉冲的反射比例。

25. 如权利要求 24 所述的系统,其中所述反射率增强材料包括具有镍涂层的多个中空玻璃微球。

26. 一种测量在井眼中的流体液位的方法,包括:

产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测出电磁脉冲中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的部分;

接收来自于检测器的、代表电磁脉冲的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位。

27. 一种测量在包含有第一井眼流体和第二井眼流体的井眼中的未混合的两种流体的液位的方法,所述第二井眼流体所具有的密度低于所述第一井眼流体的密度、并且所具有的介电常数是已知的且显著低于所述第一流体的介电常数,该方法包括:

产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测出电磁脉冲中从各流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的相应部分;以及

接收来自于检测器的、代表电磁脉冲的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出两种流体中的每一种流体的表面液位。

28. 一种测量在井眼中的流体液位的方法,该方法包括:

产生出至少两个电磁信号,所述至少两个电磁信号具有相应不同频率,并沿着井眼朝着流体的表面传播;

检测出各电磁信号中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的相应部分;以及

接收来自于检测器的、代表电磁信号的检出部分的信号,并且对这些信号进行分析以确定出流体的表面液位。

29. 如权利要求 26-28 中任一项所述的方法,还包括根据所确定出的流体的表面液位来控制位于井眼中的泵。

30. 如权利要求 26-29 中任一项所述的方法,其中所述分析还包括对信号进行分析,以根据检出部分的幅度获得与在流体中水与烃的比例相关的信息。

31. 如权利要求 26-30 中任一项所述的方法,其中脉冲通过包括一对相互电绝缘的导电体的传输线沿着井眼传播。

32. 如权利要求 31 所述的方法,其中所述导体中的一个导体包括至少一个井部件,该井部件选自由井套管、管道、钻杆、脐带、控制管线、液压管线或 TEC(罩有管道的导体)所组成的组。

33. 如权利要求 31-32 中任一项所述的方法,其中所述传输线包括一对导线,其上具有绝缘材料,所述绝缘材料沿着所述传输线的长度的至少一部分以预定间隔在其中具有间隙,这些间隙的尺寸和结构设置成当被设置在流体的表面液位下方时使得流体能够在其中

流动。

34. 如权利要求 26-27 或 29-34 中任一项所述的方法,还包括:

在已知深度处设置至少一个标识器,并且所述方法还包括检测出从所述标识器反射的电磁脉冲的另一部分;以及

对所接收到的信号和所接收到的另一个信号相互结合分析以确定出流体的表面液位。

35. 如权利要求 26-34 中任一项所述的方法,还包括向流体的表面提供反射率增强材料。

36. 如权利要求 35 所述的方法,其中所述反射率增强材料包括比重小于大约 0.7 的材料,该材料不易混溶在油中,并且该材料对电磁脉冲的反射比例高于油对电磁脉冲的反射比例。

37. 如权利要求 36 所述的方法,其中所述反射率增强材料包括具有镍涂层的多个中空玻璃微球。

38. 如在权利要求 28 或权利要求 29-33 或从属于权利要求 29 的权利要求 35-37 中所述的方法,其中所述检测器被构造并且布置成检测电磁信号的检出部分的相位信息,并且所述处理器被构造并且布置成对所检出的相位信息进行分析以确定出流体的表面液位。

39. 一种测量在信号发生器和在井眼中的液位之间的距离的方法,该方法包括:

产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量的第一频率信号;

检测出所述第一频率信号中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的一部分;

产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量的第二频率信号;

检测出所述第二频率信号中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的一部分;

对所产生的第一频率信号和第二频率信号以及第一频率信号的反射部分和第二频率信号的反射部分进行分析,以确定出流体的表面液位。

40. 一种用于测量在衬有套管的井眼中的流体液位的系统,该系统包括:

脉冲发生器,其能被设置并且操作用以产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测器,其能被设置并操作用以检测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分;

处理器,其被构造并布置成接收来自所述检测器的、表示电磁脉冲的检出部分的信号,并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位;以及

泵控制器,其被构造并布置成接收来自所述处理器的距离信息并且利用所述距离信息来控制位于井眼中的泵的操作。

41. 如权利要求 40 所述的系统,其中所述泵控制器在所述距离信息表示流体液位接近在井眼中的泵高度时降低泵输出量。

42. 如权利要求 40-41 中任一项所述的系统,其中所述泵控制器在所述距离信息表示流体液位处于或低于在井眼中的泵高度时将泵关闭。

43. 如权利要求 40-42 中任一项所述的系统,其中所述泵控制器在距离信息表示流体液位处于比泵高度高出一个预定量的高度处时提高泵输出量。

44. 如权利要求 40-43 中任一项所述的系统, 其中所述处理器还被构造并且布置成对信号进行分析, 以根据检出部分的幅度获得与所述流体的组分相关的信息。

45. 如权利要求 44 所述的系统, 其中组分信息包括水与烃的比例。

46. 如权利要求 40-45 中任一项所述的系统, 其中利用连续的距离信息测量值的变化速度来确定流体液位是在上升或是下降, 并且所述泵控制器还根据流体液位的变化方向来控制泵的操作。

47. 如权利要求 40-46 中任一项所述的系统, 其中利用连续的距离信息测量值的变化速度来确定流体液位是在上升或是下降, 并且所述泵控制器还根据流体液位的变化幅度来控制泵的操作。

48. 一种控制位于衬有套管的井眼中的泵的方法, 该方法包括:

产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的电磁能量脉冲;

检测出电磁脉冲中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的一部分;

接收来自于检测器的、代表电磁脉冲的检出部分的信号;

对所述信号进行分析以确定出流体的表面液位; 以及

根据所确定出的流体的表面液位来控制泵的操作。

49. 如权利要求 48 所述的方法, 其中所述控制包括在所确定的表面液位接近在井眼中的泵高度时降低泵输出量。

50. 如权利要求 48 至 49 中任一项所述的方法, 其中所述控制包括在距离信息表示流体液位处于或低于在井眼中的泵高度时将泵关闭。

51. 如权利要求 48 至 50 中任一项所述的方法, 其中所述控制包括在距离信息表示流体液位处于比所述泵高度高出一个预定量的高度处时提高泵输出量。

52. 如权利要求 48 至 51 中任一项所述的方法, 还包括根据检出部分的幅度来确定与流体组分相关的信息。

53. 如权利要求 48 至 52 中任一项所述的方法, 其中组分信息包括水与烃的比例。

54. 如权利要求 48 至 53 中任一项所述的方法, 其中所述控制还包括根据在连续测量中流体液位的变化方向来控制泵的操作。

55. 如权利要求 48 至 54 中任一项所述的方法, 其中所述控制还包括根据在连续测量中流体液位的变化幅度来控制泵的操作。

检测液位的系统和方法

技术领域

[0001] 总体而言，本发明涉及远程检测，更具体地说，本发明涉及对钻孔 (borehole) 中的远程位置处的液位进行检测。

背景技术

[0002] 在资源回收中，监测远离观察者的位置处的各种状况是有用的。具体地说，监测在针对勘探或生产目的已经钻出的钻孔的底部处或其附近的液位是有用的。因为这些钻孔会延伸几英里，所以为这种监测提供有线通信系统并不总是切合实际。

发明内容

[0003] 本发明的一个实施方案的一个方面包括用于测量在衬有套管的井眼 (wellbore) 中的液位的设备，其包括：脉冲发生器，其可被设置并操作用以产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲；检测器，其能被设置并且操作用以监测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分；处理器，其被构造并布置成接收来自检测器的、代表所检出的电磁脉冲部分的信号并且对这些信号进行分析以确定流体的表面液位；以及泵控制器，其被构造并布置成接收来自处理器的距离信息，并且采用所述距离信息来控制位于井眼中的泵的操作。

[0004] 本发明的一个实施方案的一个方面包括用于测量在衬有套管的井眼中的流体液位的设备，其包括：脉冲发生器，其可被设置并操作用以产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲；检测器，其能被设置并且操作用以监测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分；处理器，其被构造并布置成接收来自检测器的、代表所检出的电磁脉冲部分的信号，并且对这些信号进行分析以确定流体的表面液位。

[0005] 本发明的一个实施方案的一个方面包括用于测量在井眼中的流体液位的系统，该系统包括：脉冲发生器，其可被设置并操作用以产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲；检测器，其能被设置并且操作用以监测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的一部分；处理器，其被构造并布置成接收来自检测器的、代表所检出的电磁脉冲部分的信号，并且对该信号进行分析以确定流体的表面液位。

[0006] 本发明的一个实施方案的另一个方面包括用于测量在包含第一井眼流体和第二井眼流体的井眼中的未混合的两种流体的液位的系统，所述第二井眼流体的密度低于第一流体的密度并且其介电常数也低于第一流体的介电常数，这两者都是已知的，所述系统包括：脉冲发生器，其可被设置并操作用以产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲；检测器，其能被设置并且操作用以检测从各流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁脉冲的相应部分；处理器，其被构造并布置成接收来自检测器的、代表电磁脉冲的检出部分的信号，并且对该信号进行分析以确定流体的表面液位。

[0007] 本发明的一个实施方案的另一个方面包括用于测量在井眼中的流体液位的系统，其包括：频率发生器，其能被设置并且操作用以产生出沿着井眼朝着流体的表面传播的至

少两个电磁频率信号；检测器，其能被设置并操作用以检测从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的电磁信号的一部分；以及处理器，其被构造并布置成接收来自所述检测器的、表示电磁信号的检出部分的信号，并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位。

[0008] 本发明的另一个方面包括用于控制位于衬有套管的井眼中的泵的方法，该方法包括：产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲，检测出电磁脉冲中从流体的表面反射并且沿着井眼朝着检测器传播的一部分，接收来自检测器的、代表所检出的电磁脉冲部分的信号，并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位，并且根据所确定出的所述流体的表面液位来控制泵的操作。

[0009] 本发明的一个实施方案的另一个方面包括用于测量在衬有套管的井眼中的流体液位的方法，该方法包括：产生出沿着井眼朝着流体表面传播的电磁能量脉冲，检测出电磁脉冲中从流体的表面反射并且沿着井眼朝着检测器传播的一部分，接收来自检测器的、代表所检出的电磁脉冲部分的信号，并且对该信号进行分析以确定出流体的表面液位。

[0010] 本发明的一个实施方案的另一个方面包括测量在包含有第一井眼流体和第二井眼流体的井眼中的未混合的两种流体的液位的方法，所述第二井眼流体的密度低于第一流体的密度并且其介电常数也低于第一流体的介电常数，这两者都是已知的，该方法包括：产生出沿着井眼朝着这些流体表面传播的电磁能量脉冲，检测出电磁脉冲中从流体的表面反射并且沿着井眼朝着检测器传播的相应部分；接收来自检测器的、代表电磁脉冲的检出部分的信号，并且对该信号进行分析以确定出两种流体中的每一种流体的表面液位。

[0011] 本发明的一个实施方案的另一个方面包括测量在井眼中的流体液位的方法，该方法包括：产生出至少两个电磁信号，所述至少两个电磁信号具有相应不同频率，并沿着井眼朝着流体的表面传播，检测出各电磁信号中从流体的表面反射出并且沿着井眼朝着检测器传播的相应部分，以及接收来自检测器的、代表电磁信号的检出部分的信号，并且对这些信号进行分析以确定出流体的表面液位。

[0012] 本发明的各实施方案的各个方面包括编有计算机可执行指令的计算机可读介质，用于执行上述方法中的任一种和 / 或控制上述系统中的任一系统。

附图说明

[0013] 通过结合附图阅读下面的详细说明本领域普通技术人员将很容易了解在这里所描述的其它特征，附图中：

[0014] 图 1 为示意图，显示出根据本发明的一个实施方案的用于远程测量在钻孔中的流体液位的系统；

[0015] 图 2 为迹线图，显示出从在模拟钻孔中的位置反射出的返回信号；

[0016] 图 3 为流程图，显示出根据本发明的一个实施方案的方法；

[0017] 图 4 为示意图，显示出根据本发明的一个实施方案的用于远程测量在结合有校准标识器的钻孔中的流体液位的系统；

[0018] 图 5a 为用在本发明的一个实施方案的传输线的横向截面示意图；并且

[0019] 图 5b 为用在本发明的一个实施方案中的传输线的纵向截面示意图。

具体实施方式

[0020] 图 1 显示出用于感测在钻孔 104 中的流体 102 的表面液位的设备 100 的实施例。在所示的实施例中,钻孔 104 延伸穿过产油岩层 106。虽然钻孔 104 显示为呈直线的竖向孔,但是实际上钻孔可以具有更复杂的几何形状,并且可以具有任意的取向,包括沿着其长度变化的取向。

[0021] 钻孔衬有由多段通常导热材料节段构成的中空套管 108。该中空钻孔套管 108 例如可以由钢或其它合适材料构成。在典型的钻探应用中,钻孔套管 108 可以为在普通钻井生产用途中为钻孔提供结构支承的标准套管,并且不必设置任意其它的外部传导介质。

[0022] 当在产油岩层 106 中的压力大于在钻孔 104 内的压力时有利于产油。在这方面,流体 102 的液位是重要的,因为在钻孔 104 内累积的任意流体 102 若是在产油岩层 106 的液位处或上方,则将施加与产油岩层 106 的压力相反的压力。

[0023] 设置井下泵 110 是有用的,该井下泵能够人工提升以便于从生产岩层 106 生产出油或天然气。通常通过管道 112 将来自岩层的液体泵送至地面,同时天然气通过在管道 112 和套管 108 之间的环形区域上升至地面。如果在钻孔中的流体液位下降至低于泵 110 的工作位置,则这些泵将磨损干转。因此,在降低流体液位以降低在钻孔 104 中的反作用压力和确保位于钻孔 104 中的泵不会干转之间,要保持平衡。

[0024] 在该应用中所采用的井下泵类型的示例包括电动深井泵、渐进腔室泵、有杆泵等。

[0025] 为了便于进行泵控制从而将流体液位保持较低但是足以避免让泵干转,最好能够测量流体液位。在一些实施方案中,可以连续并且实时地进行这些措施。流体液位测量可以有效地适应潜在混淆因素例如在钻孔套管中的接头或在流体表面附近的泡沫,这都会产生不正确的测量。

[0026] 用于测量流体液位的设备 100 包括脉冲发生器 120。该脉冲发生器 120 构成为产生电磁脉冲,该电磁脉冲将沿着钻孔长度传送,并且套管用作波导管。在该情况下,管道 112 用作中央导体,并且套管 / 管道系统一起实质上形成共轴电缆。

[0027] 脉冲发生器 120 可以通过直接安装连接到钻孔中,或者可以按照其它方式以电磁的方式与钻孔连接。

[0028] 脉冲发生器 120 可以为任意装置,包括但不限于用于接收电磁能量并且从中产生出信号的电子结构。合适的脉冲发生器的示例包括火花隙发生器、网络分析器例如 Bode 盒或其它装置,例如利用了快速切换部件例如电子雪崩晶体管或快速硅控整流器 (SCRs) 的装置。有用的装置包括那些能够在可以以 30V/ns 或更大速度变化的电压下产生出 10-100A 的那些装置。通常,射频电磁脉冲良好地适用于该用途,尤其是在大约 3MHz 至 100MHz 范围内的脉冲。频率可以根据带传导性的管 (例如钢) 的材料特性来选择。表皮深度会限制使用高于某个值的高频率,但是可用频率范围的下限可以根据脉冲发生器的结构的简化来选择。

[0029] 在脉冲沿着钻孔传播时,阻抗变化导致在脉冲能量局部反射,在设备 100 的具有接收器或检测器 122 模块的表面处可以接收到这些反射。这些阻抗变化可以由于在套管中的接头、在钻孔中存在有物体等因素而导致。在介电常数相对较低的流体 (例如原油) 的情况下,在电磁脉冲中的剩余能量的部分反射在流体界面处出现。在介电常数相对较高的流体例如包含有大量水的混合物的情况下,在电磁脉冲中的剩余能量出现接近全反射,因

为该流体用来使得钻孔短路。

[0030] 采用处理器 124 来分析所接收到的信号以确定出流体液位。另外，处理器 124 可以用来根据所测量出的流体液位使得泵控制器 126 操作以改变泵 110 的操作状态。泵控制器可以直接地（未示出）或者无线地链接到泵 110。具体地说，在流体液位接近（在几个英尺或几十个英尺范围内）泵高度时，则泵控制器 126 可以通过调节泵操作速度或行程来减小泵送容量，或者如果泵高度高于流体液位，则可以将泵完全关闭。同样，如果在井眼中的流体液位上升至高于使泵保持不干转所需的高度，则控制器可以提高泵输出量。可以通过用户来选择高于泵高度的量（在此处泵输出量应该增大），或者可以将它预先确定并且编程到控制器中。

[0031] 可以采用连续测量来确定流体液位的变化幅度和方向。在该实施方案中，可以采用幅度和方向中的任一个或两者来控制泵输出量。因此，如果流体液位迅速变化，则同样可以迅速改变泵输出量。同样，如果流体液位接近泵高度但是正在增大，则控制器可以只是将泵输出量稍微降低以便保持该流体液位，而不是大大降低泵输出量，这会不理想地提高流体液位。

[0032] 图 2 为由接收器 122 接收到的来自模拟 1600 英尺井的返回信号的迹线。根据对在发射脉冲和接收返回脉冲之间的时间延迟的测量，可以采用处理器 124 计算出沿着钻孔的距离：

$$d = t \cdot c \quad \text{公式 1}$$

[0034] 其中 d 为到流体并且再回到位于地面处的检测器的总距离，即在地面和流体之间距离的两倍，t 为延迟时间，并且 c 为电磁能量在空气中的传播速度。

[0035] 图 2 的上部线表示检测器接通时间。在电压较高（大约 3V）时，检测器接通。如所示那样，这对应于在大约 $1.741 \mu s$ 和 $3.241 \mu s$ 之间的时间。在该实施例中，一旦检测到信号，则检测器断开，但是这不是必须的。在图 2 中的下部线表示检测到的信号。可以看出，在大约 $3.241 \mu s$ 处记录下脉冲。如上所述，该时间表示信号在一个方向上沿着井传播所花费的时间的两倍。因此，如所预期的那样，从地面到流体的距离大约为 1600 英尺（其中一英尺大约等同于 1ns 的延迟）。

[0036] 在一个实施方案中，可以设定阈值，从而例如忽略了低于该阈值的更像是表示套管接头的返回信号。在一个方案中，用户可以如此设定延迟，从而使得在延迟时间最后没有接收到任何返回信号能够触发该设备，由此降低了错误读取。在图 2 中，这对应于在零和 $1.741 \mu s$ 之间的间隔。延迟时间越长会导致更窄的测量窗口，从而图 2 的上部线例如将显示出更窄的方波形状，这对应于单箱格宽度。在这个方案中，用户可以根据与流体液位的大体位置相关的已知信息作为延迟的基础，例如可以从声学或重力测定技术中获得的信息。

[0037] 所述的系统可以用来以大约一英尺（即在时间域中 1 纳秒）的精度获得测量值。通常，精度在大约 10 英尺范围内的测量值足以实现适当的泵控制。

[0038] 在另一个实施方案中，脉冲发生器 120 可以构成为产生出电磁频率信号或音调，并且处理器 124 构成用来分析在频域中的反射。在该实施方案中，发射出第一频率信号，并且测量出第一反射信号相位。发射第二频率信号，并且测量出第二反射信号相位。将第一反射相位与第二反射相位相比较以计算出在音调发生器和流体表面之间的距离。这可以采用下面的公式 2 来完成。

$$[0039] l = -\frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r} \cdot 2\pi} \cdot \frac{\delta\phi}{\delta f} \cdot \frac{1}{2} \text{ 公式 2}$$

[0040] 其中

[0041] l = 到流体表面的距离 (m)

[0042] c_0 = 在自由空间中 EM 传播速度 (m/s)

[0043] ϵ_r = 传输线的绝缘材料的相对介电常数。（在该情况下为空气或甲烷）

[0044]

$\delta\phi = \text{相位变化(弧度)}$

[0045] δf = 频率变化 (Hz)

[0046] 2π = 用来使得频率等同于弧度的常数

[0047] $1/2$ = 用来针对原始和反射信号每个都必须连续行进过全部长度进行调节的常数

[0048] 根据所选的第二频率高于所选的第一频率这样的惯例来采用负号。

[0049] 上面的公式 2 意味着在所发射的最高频率信号的波长大于或等于 $2l$ 的时候。在该实施方案中，所发射的最高频率的频率应该为

$$[0050] f_s = c_0 / [(\epsilon_r)^{1/2} \cdot 2l] \text{ 公式 3}$$

[0051] 在另一个实施方案中，可以采用其频率高于如在上面公式 3 中所确定的 f_s 的发射信号。在该实施方案中，在第一和第二所选发射信号之间的信号频率差小于 f_s ，并且第一和第二所选频率信号的波长为 $2l$ 的同样整数倍。分析扫描频率输入的相位响应有助于选择所采用的正确频率信号对。

[0052] 在一个实施方案中，采用矢量网络分析器来产生出频率信号或音调，并且接收和分析所反射的频率信号。

[0053] 在另一个实施方案中，将发射信号调整为这样的频率，其中反射信号相对于发射的频率信号相位完全一致或者相位相差 180 度。采用所得到的总传输线信号的峰值幅度来识别相位校准。在反射信号相位一致时峰值水平最大，并且在反射信号相位不一致时峰值水平最小。

[0054] 在该实施方案中，第一反射频率信号与第一产生出的频率信号相位一致。将第二产生出的频率信号调整至下一个更高或更低的可用频率，这样产生出具有与用第一频率所实现的相同相位关系的第二反射信号。

[0055] 在该实施方案中，在第一和第二频率之间的相位差为 $\delta\phi = 2\pi$ 弧度。上面的公式 2 用来确定到流体表面的距离。

[0056] 因为烃的导电率与水的明显不同，所以采用信号强度不仅能够确定流体的存在，而且还能确定流体的类型。在试验中，在来自油表面的返回信号和来自水表面的返回信号之间的信号幅度差是大约 1 : 1.3。在相混合的油 / 水流体的情况下，通过向从 100% 水和 100% 油两者中在相同深度下预期得到的幅度插入混合物反射信号的幅度，而确定出混合物的水 / 油比。

[0057] 在未混合物流体的情况下，其中密度更低的流体其介电常数显著低于密度更高流体的介电常数，例如在油相对于水的情况下，从两个流体界面中获得返回信号。

[0058] 在所施加的信号到达气 - 油界面时，一部分信号反射回来，但是大部分信号将继

续传播至油 / 水界面，在那里所传输的信号的剩余部分反射回来。在这种“油在水顶部”的未混合情况下，可以根据所预期的信号在由油占据的间隔中的传播速度，来将在接收到两个反射脉冲之间的时间转变成油的高度。在井眼中建立在不同时间间隔处标准油和水柱的高度提供了比较测量值，用来根据油藏压力和生产速度关系采用其它钻井分析方法确定岩层油 / 水比例。

[0059] 图 3 为流程图，显示出根据本发明的一个实施方案的操作方法。采用脉冲发生器 120 来产生出 (200) 在井下方向上沿着钻孔传播的脉冲。接收器 122 接收 (202) 从流体表面反射出并沿井眼向上传播回来的返回信号。处理器 124 然后分析 (204) 所接收到的信号以确定出到流体表面的距离。根据所确定的距离，泵控制器 126 操作以如上所述地控制 (206) 泵 110 的操作。

[0060] 在一个实施方案中，有目的地将阻抗变化引入到传输线中。在一个具体方案中，将标识器 210 安放在钻孔 104 中的已知深度 (d_1) 处，如图 4 所示。将第二标识器 212 安放在钻孔 104 中的第二已知深度 (d_2) 处。在操作中，随着脉冲沿着钻孔传播，两个标识器中的每一个除了在流体界面处的反射之外还将产生出传播脉冲的部分反射。标识器可以为用来改变传输线阻抗的任意结构。例如，共轴扼流圈 214、具有受控电阻的弧刷臂或者在局部上降低了在套管和管道之间的介电距离的导电环形结构可以用作标识器。如上所述，在各套管接头处也会存在阻抗变化，在使用具有标准长度或其它已知长度的管段组装成套管时，可以计算得出各套管接头的深度。应该将标识器的结构和组分选择为产生出相对较小的返回，从而大部分能量将继续传播，从而保持足够的强度以在流体界面处提供反射。

[0061] 在该实施方案中，可以纳入电磁脉冲所行进穿过的介质的未知量或介电常数的变化。具体地说，根据公式 4 可以计算出到表面的距离：

$$d = d_2 + (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1) \times (t - t_2) \quad \text{公式 4}$$

[0063] 其中 d_1 为到第一标识器的距离， t_1 为第一反射信号的到达时间， d_2 为到第二标识器的距离， t_2 为第二信号的到达时间， d 为到反射表面的距离，并且 t 为第三信号的到达时间。

[0064] 可以理解的是，除法操作确定了在第一和第二标识器之间的间隔上的平均传播速度。将该速度乘以在第二标识器和流体界面之间的时间间隔，以确定出在第二标识器和流体界面之间的距离。也就是说，该公式假设，在第一和第二标识器之间的传播速度与在第二标识器和流体界面之间的速度相同。在这方面，在其它已知深度处采用另外的标识器，能够产生出另外的统计数据以确定传播速度沿着在钻孔中的各种间隔基本上恒定，或者是否应该采用更复杂的速度表达。

[0065] 在另一个实施方案中，可以采用单个标识器。引入共轴电缆很少具有与井眼结构相同的阻抗。因此，在这两者之间的连接部处的阻抗不匹配用作第一标识器。在该情况下， d_1 为连接部在井源下方的距离，而 t_1 为沿着引入电缆的反射时间。市售共轴电缆具有与井眼结构明显不同的波传播速度，因此这特别有用。另外，一些井眼结构在已知的距离处具有更小的套管直径。管径的变化造成阻抗变化和脉冲的部分反射。因此在一些井中，利用井眼结构形成标识器元件。

[0066] 在一个具体实施方案中，定期进行速度校准，并且记录下统计数据。在所记录的统计数据提供了变化图案的情况下，该图案可以用作深度计算的输入值。同样，所记录的统计

数据可以用来计算测量系统的不确定程度。可以选择性地或者与前面的方案相结合地将漂移的校准速度作为在钻孔内的介质中的系统性变化的标识。例如，在介电常数方面的变化可以标识在钻孔内的空气中的温度或湿度变化。在用于注汽井的实施方案中，湿度测量值可以提供与蒸汽质量相关的信息（即在蒸汽中液相水和气相水的量）。

[0067] 如上所述，由于与空气和水相比在空气和油之间存在相对较小的阻抗（即介电常数）不匹配，所以预期油 / 气界面提供相对较低的信号强度。因此，在一个实施方案中，在流体界面处引入将会增大界面反射率的材料。

[0068] 反射率增强材料通常具有选择为确保它将漂浮在流体表面顶部的密度。在这方面，密度应该具有不仅仅小于水的密度，还要小于将漂浮在水顶部上的油的密度。例如，小于大约 0.7 的比重（无量纲的）应能确保无论在流体中是否存在油，该材料都将会漂浮。在一些实施方案中，材料可以漂浮在位于流体表面处的相对较薄的层中。

[0069] 另外，对于这种用途而言有用的材料不应该容易混合在水或油中，由此确保了材料保持漂浮而不是变得混合到流体中。最后，为了产生出所期望的反射率增强，材料应该是导电的，具有稍高于原油的介电常数，和 / 或具有铁的特性。例如，数值 5（大约为数值为 2-3 的油的两倍）可以足以提供该功能。

[0070] 在这方面，提出了具有上述性能的许多材料。首先，可以采用低密度固体（即，其中在该情况下低密度意味着小于 0.7 的比重），例如聚合物或中空玻璃珠。聚合物可以呈小球状或薄片状，或者以中空小珠形式。在任一情况下，小珠可以是完全中空的，或者可以包裹有其它材料以实现所期望的介电性能。例如，具有镍涂层的中空玻璃微球（例如通过蒸汽沉积涂覆的）将是合适的。

[0071] 可以将该材料选择为低密度液体，例如甲醇。虽然甲醇容易混合在水中，但是对于在界面处存在已知的油表面的情况而言，油层可以用来在水和甲醇之间保持分隔。可选的是，可以采用满足上面要求的材料的胶质悬浮体。例如，在密度足够低的介质中的氧化铁胶质悬浮体将满足这个准则。

[0072] 在一个实施方案中，将该材料引入并且使之保持漂浮在位于界面处的表面上。在一个可选的实施方案中，可以采用重新施加材料。在这方面，可以通过可以设置在钻孔内和 / 或设置在允许注入到钻孔中的位置处的供给系统来输送材料。

[0073] 上述系统总体被描述为采用井套管和钻杆作为用于所要反射的信号的传输线。在一个可选的方案中，为此采用设置在钻孔中的可卷绕导线来传送信号。这种布置例如可以应用于在没有套管的钻孔中，或者用在其中在套管的导电性方面存在中断或其中钻杆和套管正在间断或一直接触从而产生短路的钻孔中。

[0074] 在一些情况中，对于许多用途而言在钻孔内配置脐带。在一个实施例中，可插入除水系统包括金属管道，其用于提供用于从钻孔中去除流体的流道。如图 5a 和 5b 所示，一个这种脐带包括由绝缘层 222 包围的两条不锈钢流道 220。

[0075] 为了允许测量流体界面，应该让流体能够在两个导体之间自由流动。如图 5a 和 5b 所示，至少在沿着脐带长度的所需区域内去除绝缘材料的选择性区段（selective sections）224。也就是说，在将不会进行任何测量的间隔上不必有任何被除去的区段（例如，脐带的初始长度）。所去除的区段的位置和尺寸应该设置成使得流体能够自由地流入到在各导体之间的间隙中，并且还使得流体能够在流体液位相对于传输线下降时从间隙中自

由地流出。

[0076] 在各个区段之间的距离和区段尺寸将部分地取决于所关心的测量值。例如,对于泵控制系统而言,每 12 英寸设置一英寸区段可以是合适的。在其它情况下,可以使得各区段具有的间隔为大约一英寸。

[0077] 可以理解的是,将传输线载入到钻孔中的脐带不必是除水系统的一部分或任意特定的部件。相反,本发明的原理适用于任何可以引入到井眼中供操作使用的卷绕系统,甚至可以一起用于分离线。原则上,所需的是一对导体。这对导体可以通过采用两根导线来提供、或通过与形成第二导体的管道、套管或钻杆相合作的单根导线来提供。

[0078] 可以采用用于井下压力传感器 (DHPT) 仪表的控制线、化学注入系统、液压控制线、套有或罩有管道的导体 (TEC)、仪表线 (i- 线) 等来承载导体或者作为导体自身。这些控制线在经过适当绝缘时适用于作为在上述系统中的导体。在一些实施方案中,控制线可以设置在管道外面,或者形成安装在管道内的插入组件的一部分。

[0079] 本领域普通技术人员将理解的是,在这里所述的实施方案仅仅是以例示的方式给出,存在着各种变型。本发明仅仅由权利要求限定,这些权利要求涵盖了在这里所述的实施方案以及对于本领域普通技术人员而言显而易见的变型。另外,应该理解的是,在这里的任何一个实施方案中所示或所述的结构特征或方法步骤也可以应用在其它实施方案中。

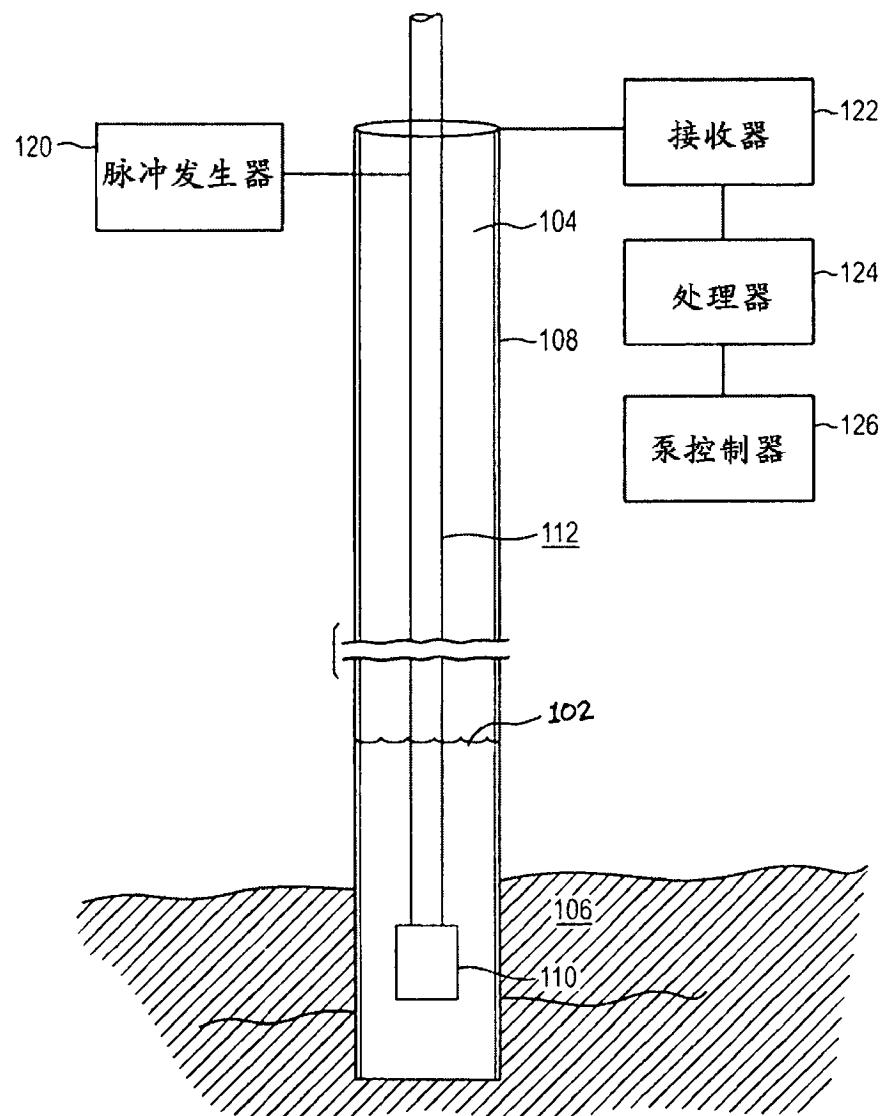


图 1

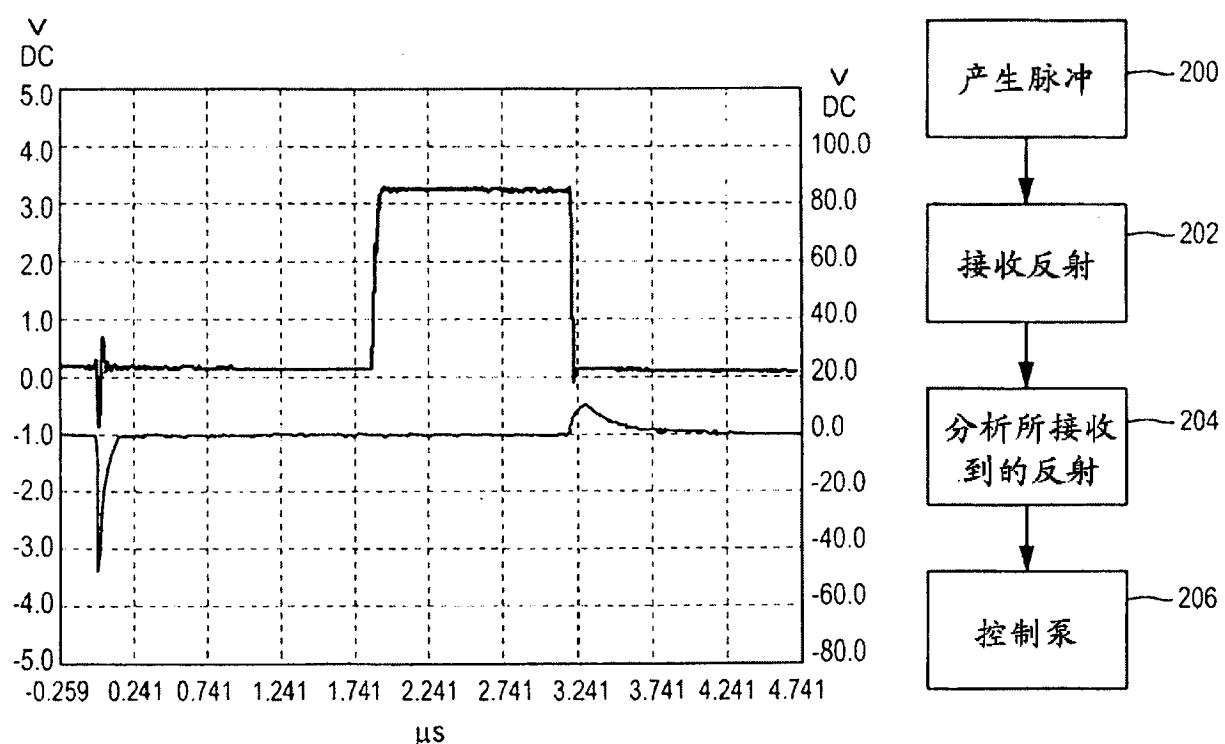


图 2

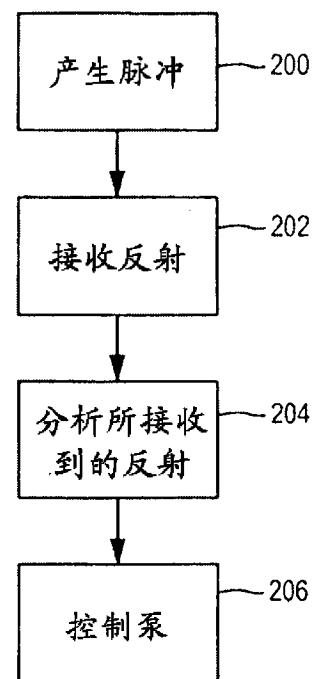


图 3

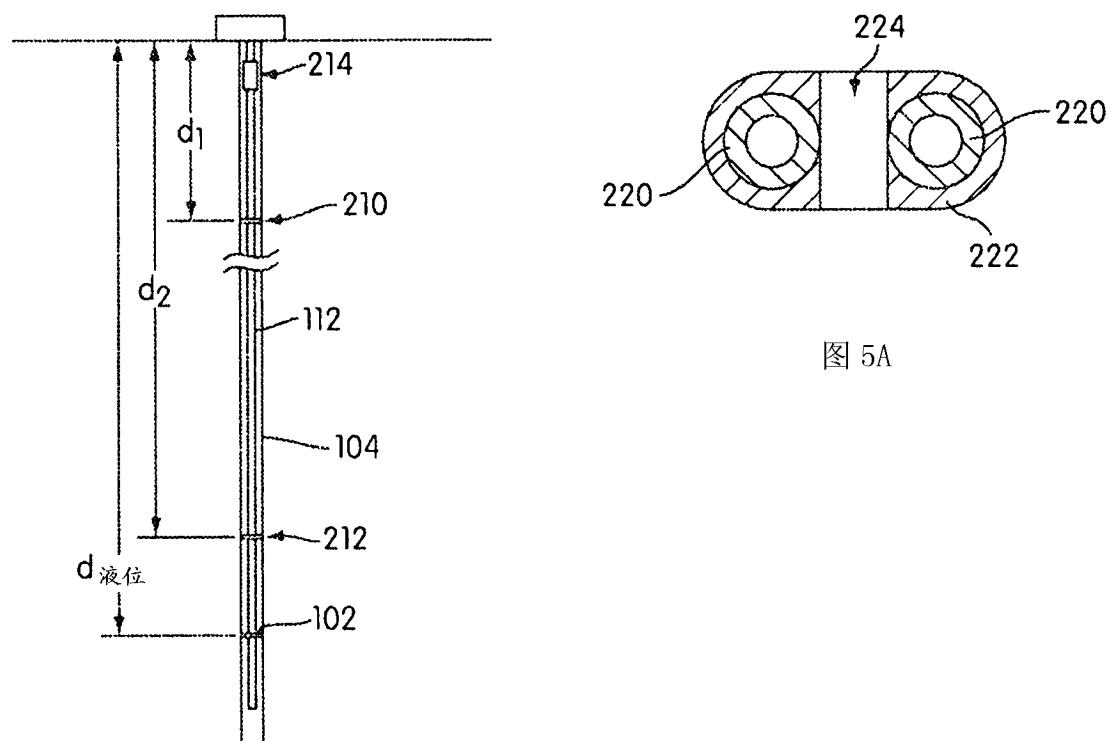


图 4

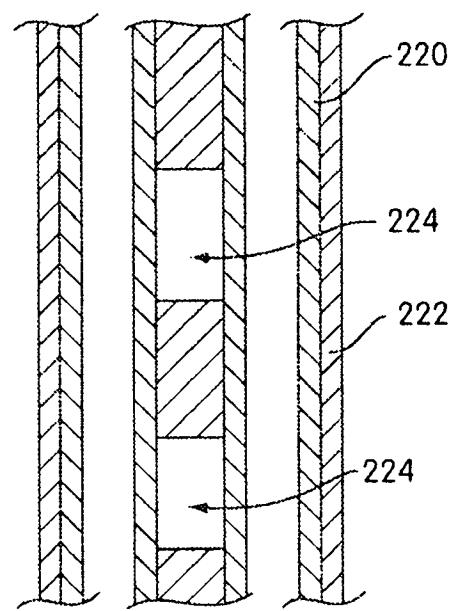


图 5B